

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao adalah salah satu komoditas tanaman perkebunan yang masih terus dikembangkan di Indonesia hingga saat ini. Dalam pertumbuhannya Kakao termasuk katagori tanaman yang membutuhkan kesuburan tanah yang memiliki kandungan unsur hara yang lengkap. Puslitkoka (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao) Indonesia pada tahun 2010 menyebutkan hutan tropis basah di Amerika Selatan merupakan tempat tanaman kakao berasal, di mana kondisi tanah yang subur serta iklim yang sangat sesuai (S1) di daerah tersebut sangat mendukung pertumbuhannya.

Mikroba tanah berperan penting sebagai organisme yang menguraikan bahan organik. Mereka memecah sisa-sisa bahan organik yang telah mati, mengembalikan zat hara seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan lainnya ke dalam tanah, serta melepaskan gas seperti CH₄ atau CO₂ ke atmosfer. Unsur-unsur ini kemudian dapat diserap kembali oleh tanaman, memungkinkan siklus hara berjalan dengan lancar dan memastikan proses kehidupan di bumi terus berlanjut. Aktivitas mikroba pengurai bahan organik ini mendukung kelangsungan siklus hara dalam tanah.

Fauna tanah merupakan bioindikator kesuburan tanah yang keberadaannya sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, termasuk keberadaan bahan organik, Fauna yang dijadikan sebagai indikator biologi kesuburan tanah tentunya terbilang melimpah. makrofauna tanah merupakan salah satu fauna tanah yang dapat dijadikan sebagai bioindikator kesuburan (Nurrohman *et al.*, 2016). Sesuai pendapat Wibowo dan Slamet (2017) Makrofauna tanah memainkan fungsi yang sangat penting bagi lingkungan. Salah satu fungsi makrofauna dalam tanah adalah mempertahankan kesuburan tanah dengan cara distribusi nutrisi, reorganisasi bahan organik dan peningkatan aerasi tanah.

Topografi lahan dianggap sebagai salah satu unsur yang berpotensi berdampak terhadap keberadaan makrofauna tanah. Arsyad (1989) menyebutkan topografi mengacu pada variasi ketinggian permukaan bumi yang menyebabkan

perbedaan lereng. Kemiringan lereng adalah salah satu elemen topografi yang berpengaruh besar pada aliran air permukaan dan erosi.

Adanya perbedaan lereng atau kemiringan lahan yang berpengaruh terhadap erosi, peneliti ingin mengetahui pengaruh perbedaan lereng terhadap laju aktivitas mikrobial tanah dan keanekaragaman makrofauna di tegakan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.).

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian dirancang untuk memperoleh aktivitas mikrobial dan kelimpahan makrofauna tanah terbaik pada berbagai kemiringan lahan di vegetasi tanaman kakao.

1.3 Kerangka Pemikiran

Dalam budidaya tanaman dengan penggunaan media tanah, hal yang terpenting adalah mengetahui tingkat kesuburan tanah yang akan digunakan dengan melakukan analisis baik sifat fisika, sifat biologi maupun sifat kimia tanah. Penelitian ini diharapkan dapat mengungkapkan sifat-sifat tanah tersebut.

Aktivitas mikroba tanah disebabkan oleh keberadaan mikroorganisme yang beraktivitas pada massa tanah. Mikroorganisme ini menjalankan berbagai fungsi yang berinteraksi satu sama lain. Peran mikroorganisme dalam tanah sangat vital bagi kehidupan, karena mereka bertanggung jawab atas proses pembusukan atau dekomposisi dan mineralisasi bahan organik menjadi bahan anorganik. Mikroorganisme memegang peran kunci dalam struktur ekosistem dengan mengolah sisa-sisa organik yang telah mati menjadi zat hara seperti Nitrogen (N), (P), Kalium (K), Kalsium (Ca), Mangan (Mn), yang dikembalikan ke dalam tanah, serta gas seperti CH₄ atau CO₂ yang dilepaskan ke atmosfer. Unsur-unsur ini kemudian dapat digunakan kembali oleh tanaman sebagai hara.

Keanekaragaman fauna tanah merupakan salah satu parameter kesuburan tanah, adanya makrofauna tanah berfungsi sebagai bioindikator kesuburan. Makrofauna tanah memainkan peran penting dalam proses dekomposisi organisme, sehingga keberadaannya dianggap sebagai bioindikator kesuburan tanah melalui peningkatan sifat kimia, fisika, dan biologi tanah. Menurut Harahap, *et al* (2020) Makrofauna tanah dapat digunakan sebagai indikator kualitas atau

kesuburan tanah karena makrofauna tanah sangat rentan terhadap berbagai perubahan lingkungan.

Karakteristik suatu lahan ditentukan oleh unsur-unsur seperti jenis tanah, vegetasi, iklim, dan topografi. Salah satu aspek topografi yang penting adalah kemiringan lereng, yang harus diperhatikan dalam proses persiapan lahan, penanaman, panen, dan upaya konservasi (Andrian *et al.*, 2014). Menurut Martono (2004) semakin curam lereng, semakin besar jumlah erosi yang terjadi. Lereng yang curam mempercepat aliran permukaan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan erosi.

Erosi bisa menyebabkan hilangnya lapisan atas tanah yang pada umumnya mengandung bahan organik, mineral, dan nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman, kehidupan mikrobia dan makrofauna tanah. Lapisan atas tanah atau biasa disebut dengan *topsoil*, merupakan bagian paling subur dari tanah karena mengandung banyak humus, yang terbentuk dari dekomposisi bahan organik seperti daun, ranting, dan sisa-sisa organisme lainnya. Lapisan atas tanah yang terdegradasi akibat erosi dapat secara signifikan mempengaruhi aktivitas mikrobia dan keanekaragaman makrofauna tanah, hal ini disebabkan mikrobia dan makrofauna tanah keberadaannya bergantung pada sumber makanannya yaitu bahan organik dari sisa-sisa tanaman.

Berdasarkan penjelasan diatas maka dapat dilakukan penelitian pengaruh kelerengan yang berbeda terhadap aktivitas mikrobia tanah dan keanekaragaman makrofauna tanah sebagai indikator kesuburan tanah ditegakan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.).

1.4 Hipotesis

Didapatkan aktivitas mikrobia dan kelimpahan makrofauna tanah terbaik pada berbagai kemiringan lahan di vegetasi tanaman kakao.

1.5 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi kepada masyarakat dan petani khususnya untuk mengetahui kualitas tanah agar bisa meningkatkan produktivitas kakao. Penelitian ini juga memberikan kesempatan untuk belajar dan memperoleh pengalaman kepada penulis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelerengan

Kelerengan adalah perbedaan elevasi pada bentuk permukaan tanah di suatu lahan. Untuk menentukan kemiringan rata-rata lahan pada setiap kategori pemetaan, kita bisa menghubungkan titik-titik tertentu. Garis yang panjangnya sama menunjukkan kemiringan yang serupa. Karakteristik wilayah yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan penggunaan lahan tercermin dari kemiringan lahan. Meskipun kemiringan lahan bervariasi di setiap daerah, secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori. Ketinggian lahan relatif terhadap permukaan laut memengaruhi kemiringan lahan, di mana semakin dekat dengan laut, biasanya lahan menjadi lebih datar.

Tanah di bagian atas lereng cenderung lebih dangkal karena terjadinya proses erosi tanah (Hardjowigeno, 2003). Sebaliknya, tanah di bagian bawah lereng cenderung memiliki solum yang lebih dalam akibat penumpukan tanah yang terkikis dari bagian lereng atas. Karakteristik tanah yang berkaitan dengan relief meliputi solum tanah, densitas bulk (BD), porositas tanah, densitas partikel (PD), pH tanah, basa-basa tukar dalam tanah, dan sebagainya (Arsyad, 1989). Nugroho (2006) menyatakan bahwa sifat-sifat yang terpengaruh oleh perbedaan kelerengan meliputi kedalaman efektif akar, persentase batuan yang menghambat mekanis akar, dan persentase perakaran dalam profil/horizon tanah.

Kemiringan lereng menunjukkan Ketika dua titik memiliki jarak horizontal 100 meter dan perbedaan ketinggian 10 meter, lerengnya memiliki kemiringan 10 persen. Permukaan tanah dengan kemiringan 100% setara dengan kemiringan 45°. Semakin curam lereng, semakin besar energi yang dimiliki air untuk mengalir, yang pada gilirannya meningkatkan erosi tanah. Ketika kemiringan lereng meningkat, gaya gravitasi yang bekerja pada tanah juga bertambah, menyebabkan lebih banyak butiran tanah yang terlepas dan terbawa oleh air. Jika permukaan tanah memiliki kemiringan dua kali lebih curam, tingkat erosi per satuan luas bisa meningkat 2,0 hingga 2,5 kali lipat. (Saribun, 2007). Kelas kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelas kemiringan lereng

Kemiringan Lereng (%)	Kelas Lereng	Bentuk Releng
0 - 3	A	Datar
3 - 8	B	Agak Landai
8 - 15	C	Landai
15 - 30	D	Agak Curam
30 - 45	E	Curam
45 - 60	F	Sangat Curam
60 - 100	G	Terjal

Sumber : Puslitanak (2003)

2.2 Tanaman Kakao

Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah tanaman komoditas perkebunan yang tergolong dalam kategori tanaman *caulofloris*, yaitu tanaman yang berbunga dan berbuah pada batang serta cabang. Kakao terdiri atas dua bagian utama, yaitu bagian vegetatif yang mencakup akar, batang, dan daun, serta bagian generatif yang mencakup bunga dan buah.

Menurut Puslitkoka Indonesia (2010) hutan tropis yang ditandai dengan naungan dari pohon-pohon tinggi, curah hujan yang tinggi, kelembaban yang terjaga, serta suhu yang relatif stabil sepanjang tahun dan konsisten merupakan tempat alami tanaman kakao. Tanaman kakao cenderung tumbuh tinggi, tetapi produksi buah dan bunganya sedikit. Ketika ditanam di kebun, kakao yang berusia tiga tahun mampu mencapai ketinggian 1,8 hingga 3,0 meter, dan pada usia 12 tahun, tingginya dapat mencapai 4,5 hingga 7,0 meter. Variasi ketinggian tanaman ini dipengaruhi oleh intensitas naungan dan faktor-faktor pertumbuhan lainnya yang tersedia. Tanaman kakao memiliki sifat dimorfisme, yang berarti memiliki dua jenis tunas vegetatif. Tunas yang tumbuh ke atas dikenal sebagai tunas ortotrop atau tunas air (wiwilan), sedangkan tunas yang tumbuh ke samping disebut tunas plagiotrop.

Tanaman kakao memiliki karakteristik mencakup bagian-bagian seperti batang, cabang, daun, bunga, buah, biji, dan akar. Batangnya berwarna coklat tua hingga kehitaman dengan alur pada kulit batang utama yang teratur dan rapi, sementara alur pada cabangnya kurang jelas. Permukaan batang utama kasar

dengan alur yang sedikit keputihan. Daunnya berbentuk runcing di ujung, terdapat penyempitan di pangkalnya, dengan warna hijau tua yang pekat pada daun dewasa, sedangkan daun muda berwarna merah (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2005). Indeks Luas Daun (ILD) adalah rasio antara total luas permukaan seluruh daun pada tajuk dengan luas tanah yang ditutupi oleh tajuk tersebut. Pada tahap awal perkembangan, pertumbuhan dan ukuran daun akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Akibatnya, luas daun dalam tajuk akan meningkat, begitu pula dengan luas tanah yang terlindungi. Peningkatan luas daun ini cenderung menyebabkan daun-daun saling menutupi satu sama lain (Suwanto dan Octaviany, 2011).

2.3 Aktivitas Mikrobia Tanah

Tanah adalah media tempat organisme hidup berkembang, termasuk mikroorganisme seperti cendawan (jamur), alga (ganggang), nematoda (cacing mikroba) dan aktinomisetes (bakteri filamen). Semua mikroorganisme ini berperan dalam aktivitas biologi tanah dan mikrobiologi, seperti penguraian seresah, sisa-sisa organisme yang telah mati, serta sisa bahan organik lainnya yang terakumulasi di permukaan tanah (PEI, 2014).

Menurut Rodrigues, *et al* (2009) Keanekaragaman mikrobia dianggap sebagai indikator penting kualitas tanah karena mikrobia merupakan komponen dasar yang langsung terkait dengan siklus nutrisi dalam tanah. Penurunan keanekaragaman mikrobia dalam tanah dapat terjadi akibat terhambatnya siklus hara dan pertumbuhan tanaman yang kurang optimal.

Aktivitas mikrobia tanah dipengaruhi oleh ketersediaan sumber makanan, di mana beberapa spesies dan kelompok mikrobia hanya dapat hidup pada tanah yang memiliki ruang tumbuh, sumber makanan melimpah, dan kelembaban yang terjaga. Selain itu, aktivitas mikroorganisme tanah juga dipengaruhi oleh pH tanah, bahan organik, kapasitas tukar kation, dan jumlah total mikroorganisme. Jika pH tanah bersifat asam, bahan organik tanah rendah, kapasitas tukar kation rendah, dan jumlah mikroorganisme tanah sedikit, maka aktivitas mikroorganisme akan menurun. Bahan organik berfungsi sebagai penyedia makanan atau energi, sehingga kekurangan bahan organik di tanah dapat mengurangi aktivitas mikroorganisme (Sinaga *et al.*, 2014). Iklim juga memengaruhi proses

pengumpulan dan penguraian bahan organik, pada iklim dengan suhu rendah, proses dekomposisi dapat terhambat oleh kelembaban tinggi, yang mengakibatkan terbatasnya makanan bagi mikroorganisme (Kusumawati, 2018).

Menurut Ardi (2009) Mikrobia dapat digunakan sebagai bioindikator kesuburan tanah, yang diukur melalui aktivitas keseluruhan populasi mikrobia. Tingginya jumlah CO₂ yang dihasilkan oleh mikroorganisme tanah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kelembaban dan suhu yang optimal. Dalam 1 kilogram tanah, sekitar 1 mg hingga 30 mg karbon dapat dilepaskan sebagai CO₂. Pada kedalaman tanah 10 cm hingga 20 cm, rata-rata produksi CO₂ oleh mikroorganisme tanah adalah 1,27 kg per hektar per hari.

2.4 Makrofauna Tanah

Menurut Husamah, *et al.* (2007), makrofauna tanah merupakan salah satu kategori fauna tanah yang memiliki ukuran tubuh lebih dari 1 cm, dengan lebar tubuh sekitar 2 mm, dan sekitar 90% spesiesnya dapat terlihat dengan mata telanjang. Makrofauna tanah mencakup kelompok Isopoda, Insecta, Mollusca, Arthropoda, Annelida, Milipida, dan Vertebrata kecil. Beberapa makrofauna tanah berfungsi sebagai *ecosystem engineer*, berperan penting dalam menciptakan, mengubah, atau mempertahankan habitat serta kondisi lingkungan di sekitarnya.

Peran makrofauna tanah sangat signifikan dalam ekosistem tanah, termasuk dalam proses dekomposisi tumbuhan dan hewan, perpindahan materi organik dari permukaan ke dalam tanah, serta perbaikan struktur tanah dan pembentukan tanah (Husna *et al.*, 2020). Menurut Hasyimuddin *et al.* (2020), dampak makrofauna tanah dalam proses penguraian dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung terlihat dari pelindian nutrien yang disebabkan oleh aktivitas makrofauna itu sendiri. Sementara itu, dampak tidak langsung terjadi ketika makrofauna mempengaruhi mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi (Turrahmi *et al.*, 2020).

Penyebaran fauna tanah bervariasi di setiap wilayah tergantung pada kondisi aspek fisika-kimia lingkungan serta sifat biologis masing-masing fauna dan ketersediaan makanan. Penerapan sistem pertanian organik dapat memperbaiki kualitas tanah, yang berkontribusi pada peningkatan keanekaragaman makrofauna tanah (Rai *et al.*, 2020).

2.4.1 Coleoptera

Kumbang, yang termasuk dalam Ordo Coleoptera, adalah kelompok serangga dengan jumlah spesies terbanyak, mencakup sekitar 40% dari semua jenis yang diketahui dalam kelas hexapoda. Kumbang memiliki ciri khas yang memudahkan untuk dibedakan dari ordo serangga lainnya. Kumbang dengan antena panjang dikenal sebagai serangga yang berperan dalam menguraikan kayu yang sudah lapuk (Noerdjito, 2010).

Tubuh kumbang terdiri dari tiga bagian utama, yaitu kepala (caput), dada (toraks), dan perut (abdomen). Pada bagian kepala, terdapat antena, mata, dan mulut. Kumbang sungut panjang memiliki tipe mulut yang berfungsi untuk menggigit dan mengunyah, dengan mandibula (tulang rahang bawah) yang berkembang dengan baik. Antena kumbang sungut panjang memiliki jumlah segmen yang bervariasi (Borror *et al.*, 2005). Kumbang dewasa dari kelompok ini mudah dikenali karena antenanya yang sangat panjang. Makrofauna tanah ordo coleoptera dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ordo Coleoptera

Sumber : <https://agrozone.id/lipi-temukan-4-spesies-baru-kumbang-di-maluku/>

2.4.2 Haplotaxida

Ordo Haplotaxida adalah kategori hewan yang mempunyai tubuh bersegmen, yang sering disebut sebagai cacing. Pada ujung anterior terdapat tonjolan yang dikenal sebagai prostomium, diikuti oleh mulut. Setiap ruas tubuh, kecuali ruas pertama dan terakhir, memiliki empat pasang bulu sikat yang terbuat dari kitin, yang disebut setae. Setae merupakan komponen tubuh cacing yang dapat berpindah tempat berkat keberadaan otot penarik dan pendorong.

Cacing tanah berfungsi penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, karena sebagian besar mineral tanah yang dicerna oleh cacing dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk nutrisi yang mudah diserap oleh tanaman. Selain itu, kotoran cacing tanah kaya akan unsur hara, karena aktivitas cacing tanah mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) di dalam tanah, yang merupakan elemen utama bagi tanaman. Dari segi perbaikan sifat fisik tanah, lubang-lubang yang dibuat oleh cacing tanah berfungsi untuk memperbaiki aerasi dan drainase tanah, sehingga tanah menjadi lebih gembur. Cacing tanah juga membantu dalam dekomposisi bahan organik, pengangkutan lapisan tanah yang mengandung bahan organik, serta memperbaiki struktur tanah. Aktivitas cacing tanah berperan dalam menguraikan bahan organik tanaman menjadi mineral, dan sebagian disimpan sebagai bahan organik tanah. Bahan organik ini sangat penting dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah, dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Suin, 1997). Cacing tanah akan memakan tanah atau bahan organik dari lapisan bawah, mencernanya, dan kemudian mengeluarkannya ke permukaan dalam bentuk kascing. Proses ini terus berulang, sehingga tanah permukaan menjadi kaya akan unsur hara. Kascing adalah jenis pupuk organik yang berasal dari kotoran cacing tanah, mengandung unsur hara lengkap, baik makro maupun mikro, yang siap diserap oleh tanaman (Mulat, 2003). Ordo Haplotoxida dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ordo Haplotoxida. Keterangan : (a) *Amyntas aspergillum*, (b) *Perionyx sp1* dan (c) *Perionyx sp2*
Sumber : Roslim, D.I et al. 2013

2.4.3 Hymenoptera

Hymenoptera adalah salah satu ordo serangga yang mencakup berbagai spesies seperti semut, lebah, tawon, dan lalat gergaji. Di antara anggota ordo Hymenoptera, semut yang termasuk dalam famili Formicidae adalah jenis yang paling umum ditemukan di tanah. Semut memiliki habitat yang sangat luas dan dapat ditemukan di hampir semua daratan di dunia, kecuali di lingkungan perairan. Jumlah jenis semut juga sangat beragam.

Semut memainkan peran penting dalam ekosistem, karena mereka dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi organisme lain yang hidup di sekitarnya. Selain itu, semut juga merupakan salah satu fauna yang berkontribusi signifikan dalam menjaga kesuburan tanah, siklus hara, dan penyimpanan. (Budiaman *et al.*, 2021). Contoh ordo Hymenoptera dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ordo Hyemenoptera

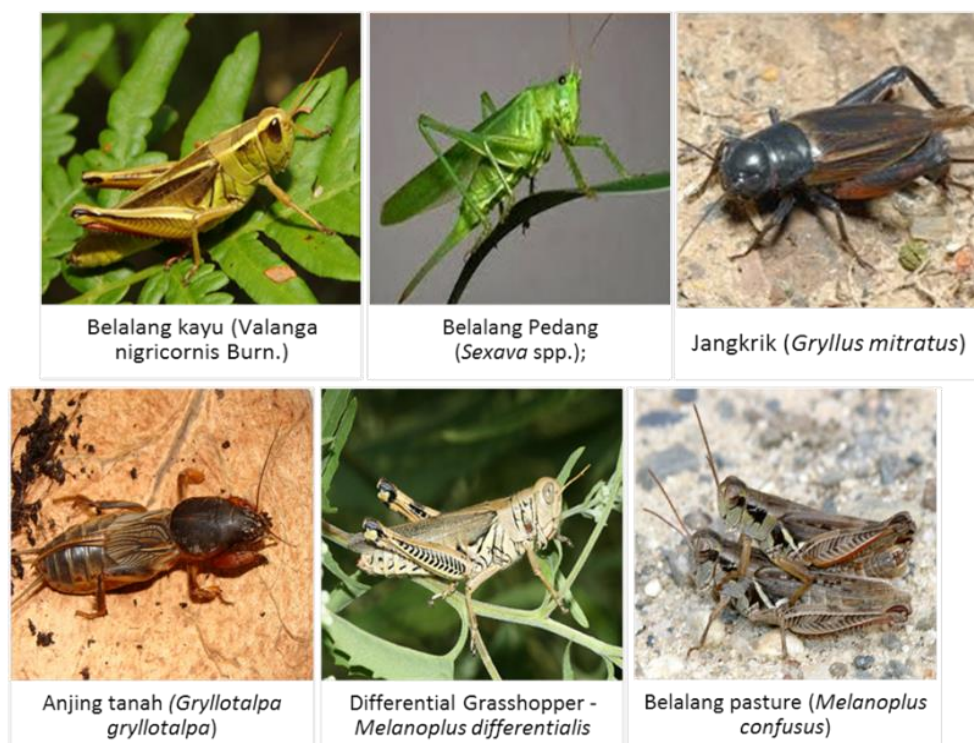
Sumber : <https://mynewpestcontrol.wordpress.com/2018/06/02/>

2.4.4 Orthoptera

Orthoptera adalah salah satu ordo dalam kelas serangga (Insecta). Anggota ordo ini mudah dikenali karena memiliki empat sayap, dengan sepasang sayap depan yang kaku yang disebut tegmina dan sepasang sayap belakang yang bersifat membran. Selain itu, kaki belakang mereka (femur) membesar dan disesuaikan untuk melompat. (Erawati *et al.*, 2004). Ordo Orthoptera yang paling dikenal

meliputi belalang, jangkrik, dan kecoa. Di alam, Orthoptera memiliki peran penting sebagai predator, pemakan bangkai, pengurai bahan organik dari hewan dan tumbuhan, serta sebagai musuh alami bagi predator lainnya (Borror, 1996).

Menurut Borror (1996) Orthoptera dapat ditemukan di berbagai jenis habitat, seperti hutan, semak belukar, sekitar rumah, dan lahan pertanian. Di alam, anggota Orthoptera berfungsi sebagai pemangsa, pengurai bahan organik dari tumbuhan dan hewan, pemakan bagian tumbuhan yang masih hidup, serta menjadi musuh alami bagi berbagai jenis serangga lainnya. Ordo Orthoptera dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ordo Orthoptera

Sumber : <https://mplk.politanikoe.ac.id/index.php/program-studi/38-manajemen-pertanian-lahan-kering/topik-kuliah-praktek/perlindungan-tanaman/130-mengenal-ordo-serangga-hama-orthoptera>