

BAB II

KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Ekosistem

Ekosistem adalah hubungan sistem fungsional antara komponen biotik dengan abiotik sehingga terjalin keseimbangan siklus materi dan aliran energi (Mulyadi, 2010, hal. 2). Unit fungsional utama dari ekosistem adalah populasi yang menempati suatu relung tertentu. Setiap relung yang menjadi habitat bagi makhluk hidup memiliki sumber daya yang dapat mendukung kelangsungan hidup suatu makhluk hidup. Oleh karena itu makhluk hidup sangat bergantung dengan keadaan lingkungannya. Hewan sebagai makhluk hidup yang memiliki motilitas tinggi dapat berpindah tempat meninggalkan habitatnya yang mengalami cekaman lingkungan. Berbanding terbalik dengan tumbuhan yang motilitasnya terbatas. Sehingga untuk mengatasi cekaman lingkungan yang tidak menguntungkan adalah dengan memodifikasi struktur tertentu atau mensintesis senyawa metabolit sekunder (Nurkanti & Halimah, 2012, hal. 156). Beberapa faktor lingkungan yang sangat menentukan kondisi suatu lingkungan diantaranya faktor fisika dan kimia lingkungan.

Setiap wilayah memiliki faktor lingkungan yang spesifik. Faktor ketinggian dari atas permukaan laut menjadi salah satu penyebab suatu lingkungan memiliki faktor klimatik yang berbeda. Setiap kenaikan ketinggian 100 mdpl suhu udara turun $0,6^{\circ}\text{C}$ (Braak, 1977 dalam Istiawan, 2019, hal. 32). Semakin tinggi suatu wilayah dari atas permukaan laut akan semakin memiliki rentang selisih suhu yang besar dengan wilayah pantai. Hal ini berakibat pada berbedanya populasi makhluk hidup terutama tumbuhan yang menempati wilayah tersebut, khususnya tumbuhan-tumbuhan yang memiliki kisaran toleransi yang rendah terhadap suhu.

Setiap makhluk hidup memiliki kisaran toleransi yang berbeda terhadap lingkungan. Kisaran toleransi ini sangat menentukan habitat dari suatu makhluk hidup. Beberapa spesies makhluk hidup khususnya tumbuhan ada yang memiliki kisaran toleransi yang sempit terhadap lingkungannya, contohnya tumbuhan

Edelweiss Jawa yang hanya mampu tumbuh di wilayah dengan ketinggian antara 2000 mdpl hingga 3400 mdpl (Backer & jr., 1963, hal. 393). Spesies lain dari tumbuhan, banyak yang memiliki kisaran toleransi yang luas contohnya *Plantago major* L atau tumbuhan Ki Urat.

Tumbuhan dengan kisaran toleransi yang luas mampu merespon kondisi lingkungan yang beragam. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan adaptasi dari tumbuhan tersebut cukup baik. Adaptasi pada tumbuhan dibedakan menjadi adaptasi morfologi, anatomi, fisiologi dan tingkah laku. Contoh adaptasi pada tumbuhan diantaranya adalah daun kaktus yang berbentuk seperti duri sebagai bentuk adaptasi morfologi pada tumbuhan. Adaptasi fisiologi pada tumbuhan misalnya tumbuhan pinus yang mensekresikan getah resin untuk mempercepat menyembuhkan perlukaan yang terjadi pada batangnya. Adaptasi tingkah laku misalnya pohon jati yang menggugurkan daunnya pada saat musim kemarau untuk mengatasi proses tranpirasi yang berlebih. Tumbuhan eceng gondok banyak memiliki aerenkim pada bagian batangnya agar tumbuhan tersebut dapat mengapung diatas permukaan air, hal ini merupakan bentuk adaptasi anatomi pada tumbuhan. Beberapa jenis adaptasi tersebut merupakan bentuk hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan tempanya hidup.

B. Tumbuhan *Plantago major* L

1. Klasifikasi Tumbuhan *Plantago major* L

Kingdom	: Plantae	
Divisi	: Magnoliophyta	
Kelas	: Magnoliopsida	
Bangsa	: Plantaginales	
Suku	: Plantaginaceae	
Marga	: <i>Plantago</i>	
Jenis	: <i>Plantago major</i> L	(Backer & jr., 1963, hal. 446)

2. Morfologi dan Ciri-Ciri Tumbuhan *Plantago major* L

Plantago major L merupakan tumbuhan liar yang dapat tumbuh mulai dari wilayah pantai hingga tempat yang memiliki ketinggian 3300 mdpl (Sudarsono at al., 2002). *Plantago major* L oleh masyarakat sunda dikenal dengan sebutan Ki Urat atau Daun Sesendokan. Menurut (Backer & jr., 1963, hal. 446) tumbuhan dari ordo Plantaginales ini memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Tumbuh dengan tinggi berkisar antara 15-20 cm.
- b. Memiliki daun tunggal berbentuk bulat telur dengan pertulangan daun melengkung.
- c. *Petiolus* dapat berukuran 1-25 cm dan daun tersusun dalam roset akar.
- d. Memiliki perbungaan majemuk yang tersusun dalam bulir yang berbentuk silindris dengan panjang berkisar 0,5 – 35 cm.
- e. Bunga berwarna putih dan berukuran kecil.
- f. Buah berbentuk lonjong yang berisi biji 4-21 yang berwarna hitam dan keriput.



Gambar 2. 1. *Plantago major* L

Sumber: *Herbalism-WordPress.com*

3. Habitat dan Sebaran Tumbuhan *Plantago major* L

Plantago major L dapat tumbuh dan tersebar di wilayah dengan ketinggian 5-3300 mdpl. *Plantago major* L tumbuh dan melimpah pada wilayah dengan kisaran ketinggian diatas 700 mdpl (Backer & jr., 1963, hal. 446).

Habitat dari tumbuhan Ki Urat ini cukup beragam biasanya tumbuh di pinggir jalan, ladang rumput dan pertanian, kebun, dan terkadang di beberapa tempat dibudidayakan oleh masyarakat untuk obat.

4. Anatomi akar *Plantago major* L

Akar adalah organ multiseluler yang memiliki anatomi khusus sesuai dengan fungsinya sebagai penancap dan penyerap air serta nutrisi dari tanah (Cartono & Ibrahim, 2008, hal. 139). Baik secara morfologi maupun anatomi akar memiliki struktur yang berbeda dengan organ lainnya. Menurut (Tjitrosoepomo, 2005, hal. 91) sifat-sifat akar diantaranya: bagian yang tumbuh didalam tanah, tidak memiliki nodus, dan dapat menembus tanah sehingga memiliki struktur yang meruncing.

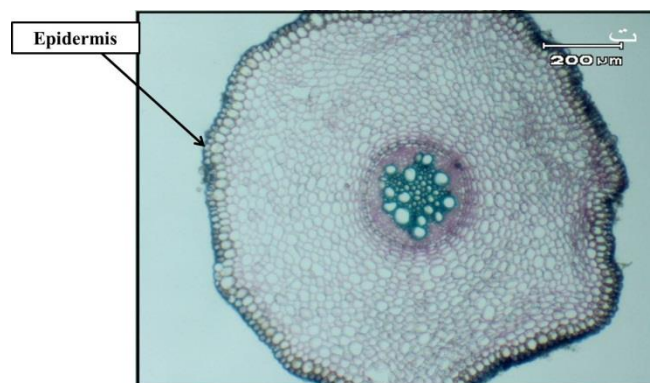
Bentuk dan ukuran akar sangat dipengaruhi oleh fungsinya, sehingga struktur dan ukuran akar berbeda-beda. Berdasarkan asal pembentukannya, akar dibedakan menjadi dua yaitu akar primer dan akar adventif. Akar primer terbentuk dari akar embrionik. Sedangkan akar adventif terbentuk ketika akar embrionik tidak tumbuh dan mati, sebagai gantinya muncul akar – akar kecil dari batang. Hal ini pula yang mendasari perbedaan sistem perakaran pada tumbuhan dikotil dan monokotil. Pada tumbuhan monokotil akar primernya mati dan mengering sehingga tumbuh akar adventif dari pangkal batang dan memiliki sistem perakaran yang serabut. Pada tumbuhan dikotil akar primer terus tumbuh dan menjadi penunjang kehidupannya hingga tumbuhan tersebut mati (Cartono & Ibrahim, 2008, hal. 141).

Plantago major L merupakan tumbuhan dari kelas Magnoliopsida yang memiliki sistem perakaran tunggang. Secara anatomi susunan jaringan akar tumbuhan dikotil memiliki xylem dan floem yang tersusun berseling (Cartono & Ibrahim, 2008, hal. 140). Jaringan penyusun akar primer jika disayat membujur

akan terlihat 3 daerah pertumbuhan yaitu zona pembelahan sel, zona pemanjangan, dan zona diferensiasi. Sedangkan jika disayat melintang akan terlihat dari lapisan luar hingga lapisan bagian dalamnya berturut-turut lapisan epidermis, korteks, endodermis, dan jaringan pembuluh yang terdiri dari floem dan xylem.

a. Epidermis

Epidermis adalah bagian terluar dari lapisan akar yang berfungsi untuk melindungi bagian yang ada di bawahnya (Cartono & Ibrahim, 2008, hal. 144). Pada lapisan terluar ini biasanya terdapat rambut akar yang berfungsi dalam menyerap air dan nutrisi dari dalam tanah. Rambut akar berada pada bagian epidermis karena merupakan penjururan ke arah luar dari lapisan epidermis yang banyak terdapat kutikula (Mauseth, 1998, hal. 181).



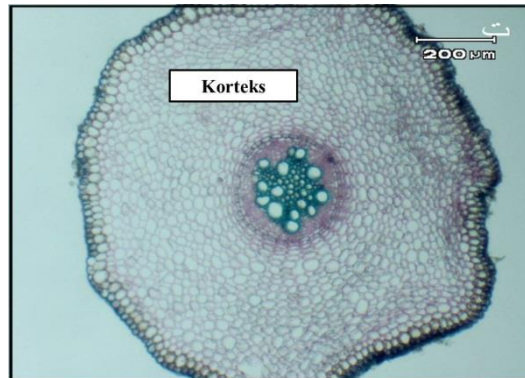
Gambar 2. 2. Epidermis Akar dengan Sayatan Melintang

Sumber: Zarinkamar & Marzban, (2010). Effects of altitude on Anatomy of Plantago major and Plantago lanceolata. Iranian Journal of Biology, 532 - 540.

b. Korteks

Korteks tersusun dari sel-sel parenkim yang aktif membelah untuk pertumbuhan. Fungsi dari korteks adalah menyalurkan air dan mineral dari epidermis ke jaringan pembuluh dengan mekanisme simplast atau apoplast. Sel-sel yang menyusun korteks ini memiliki ruang antar sel yang berperan dalam

distribusi oksigen (*aerenchima*) secara difusi dari tanah atau batang (Mauseth, 1998, hal. 181).

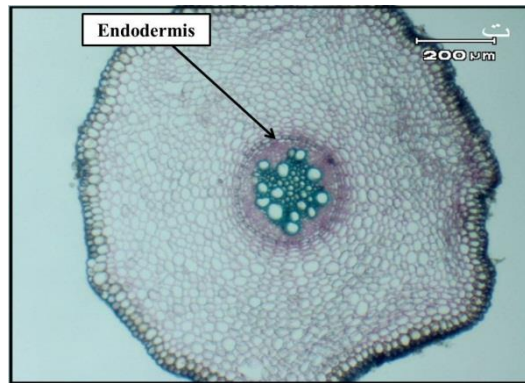


Gambar 2. 3. Korteks Akar dengan Sayatan Melintang

Sumber: Zarinkamar & Marzban, (2010). Effects of altitude on Anatomy of Plantago major and Plantago lanceolata. Iranian Journal of Biology, 532 - 540.

c. Endodermis

Air dan mineral dari bagian korteks menuju jaringan pembuluh tidak memiliki akses bebas, karena korteks di bagian terdalam berdiferensiasi menjadi silinder endodermis. Sel-sel endodermis mengalami penebalan dari zat suberin dan lignin yang disebut dengan pita caspary (Mauseth, 1998, hal. 182).



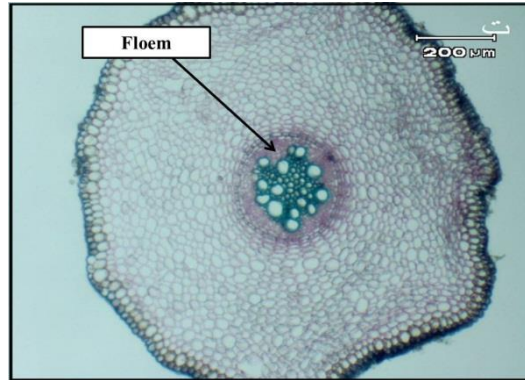
Gambar 2. 4. Endodermis Akar dengan Sayatan Melintang

Sumber: Zarinkamar & Marzban, (2010). Effects of altitude on Anatomy of Plantago major and Plantago lanceolata. Iranian Journal of Biology, 532 - 540. Jaringan Pembuluh

Perisikel merupakan bagian terluar dari lingkaran jaringan pembuluh. perisikel merupakan bagian yang dapat menumbuhkan akar lateral (Campbell, *et. al.*, 2012, hal. 326).

1) Floem

Floem merupakan jaringan yang mengangkut hasil fotosintesis. Posisinya pada anatomi akar tersusun berseling dengan xylem (Cartono & Ibrahim, 2008, hal. 148).



Gambar 2. 5. Floem Akar dengan Sayatan Melintang

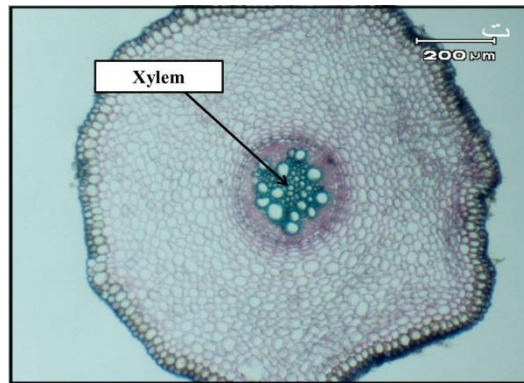
Sumber: Zarinkamar & Marzban, (2010). Effects of altitude on Anatomy of Plantago major and Plantago lanceolata. Iranian Journal of Biology, 532 - 540.

2) Xylem

Xylem terdapat diberbagai bagian tumbuhan mulai dari akar, batang dan daun. Xylem merupakan jaringan yang berperan dalam mengangkut air dan mineral dari akar ke daun. Xylem tersusun dari empat tipe sel yang berbeda diantaranya serat, trakeid, sel pembuluh dan parenkim.

Trakeid dan sel pembuluh berfungsi dalam pengangkutan air dan juga sebagai penyokong dari xylem. Sedangkan serat hanya berfungsi dalam menyokong. Sel-sel parenkim pada xylem berfungsi dalam penyimpanan dan transfortasi lateral.

Strukturnya dalam anatomi akar berbentuk seperti bintang. Membentang dari bagian sisi dan berkumpul di bagian tengah bagian akar (Campbell, *et. al.*, 2012, hal. 326).



Gambar 2. 6. Xylem Akar dengan Sayatan Melintang

Sumber: Zarinkamar & Marzban, (2010). Effects of altitude on Anatomy of Plantago major and Plantago lanceolata. Iranian Journal of Biology, 532 - 540.

5. Manfaat Tumbuhan *Plantago major* L

Plantago major L merupakan tumbuhan yang banyak digunakan sebagai obat-obatan, diantaranya tumbuhan ini dapat dijadikan obat diare, asam urat, membersihkan paru-paru, saluran kemih, mengencerkan dahak, gangguan haid, keputihan, albuminuria, dan mengobati luka (Sudarsono at al., 2002 dalam Wahyuni, 2017, hal. 17).

C. Faktor-Faktor Lingkungan

1. Suhu

Suhu udara adalah keadaan panas atau dinginnya udara pada suatu tempat. Alat untuk mengukur suhu adalah thermometer. Suhu udara adalah salah satu faktor lingkungan yang diakibatkan karena pengaruh radiasi cahaya matahari yang diterima oleh bumi. Suhu udara sangat bervariasi sehingga dapat menjadi faktor pembatas utama bagi persebaran makhluk hidup (Odum, 1993). Hal ini karena beberapa tumbuhan banyak yang memiliki kisaran toleransi yang cukup sempit contohnya *Zea mays* dapat tumbuh pada suhu optimum 30⁰ hingga 35⁰ C dan tidak tumbuh pada suhu 12⁰ hingga 15⁰ C (Jayadi, 2015, hal. 14).

Hal serupa juga berlaku pada tanah. Suhu tanah adalah keadaan panas atau dinginnya tanah. Temperatur pada tanah dapat menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan misalnya gurun. Kaktus dapat bertahan hidup di gurun yang memiliki suhu tanah lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tanah di wilayah tropis. Sehingga banyak sekali tumbuhan tropis yang tidak mampu bertahan hidup di gurun.

2. Kelembaban

Kelembaban adalah jumlah kandungan air yang ada di dalam suatu medium baik udara maupun tanah. Kelembaban udara dapat diukur dengan menggunakan hygrometer, sedangkan kelembaban tanah dapat diukur dengan soiltester. Kelembaban udara maupun tanah sangat berpengaruh terhadap kemampuan adaptasi dari tumbuhan. Air sangat berperan dalam mempertahankan turgriditas, pengangkutan nutrisi, dan mekanisme thermoregulasi (Jayadi, 2015, hal. 25). Kelembaban sangat dipengaruhi oleh suhu udara. Semakin tinggi suhu maka kelembaban semakin rendah, sedangkan semakin rendah suhu maka kelembaban semakin tinggi (Chrismonica & P., 2019, hal. 2).

Kelembaban udara dan kelembaban tanah menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan contohnya beberapa tumbuhan lebih adaptif di lingkungan yang sangat kering misalnya tumbuhan kaktus yang hidup di gurun. Sedangkan beberapa spesies tumbuhan lain hanya mampu bertahan hidup pada iklim tropis dengan kelembaban yang cukup atau tidak terlalu basah dan tidak terlalu kering. Sehingga berdasarkan ketersediaan air, habitat tumbuhan dibedakan menjadi tiga yaitu *xerophytes*, *mesophytes*, dan *hydrophytes* (Jayadi, 2015, hal. 25)

3. Derajat Keasaman (pH) Tanah

Derajat keasaman pada tanah merupakan indikator banyak atau sedikitnya material organik yang ada dalam tanah. Tumbuhan pada umumnya membutuhkan suasana yang sangat sedikit asam yang mendekati pH netral. Sehingga ketika suatu lingkungan terlalu asam atau terlalu basa tumbuhan yang memiliki kisaran toleransi cukup luas akan melakukan adaptasi untuk mengatasi cekaman lingkungan. Tumbuhan yang memiliki kisaran toleransi rendah terhadap pH maka

tumbuhan tersebut akan mengalami kematian contohnya tumbuhan Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*) (Jayadi, 2015, hal. 15)

4. Kandungan Material Organik Tanah

Material organik dalam tanah merupakan faktor lingkungan yang sangat penting bagi tumbuhan. Tumbuhan dapat bertahan hidup di suatu tempat karena didukung oleh adanya material organik sebagai sumber nutrisinya. Sehingga material organik tanah sangat menentukan kondisi baik morfologi, anatomi maupun fisiologi dari tumbuhan. Suatu tumbuhan yang kekurangan fosfat pada tepian daunnya akan berwarna ungu kemerahan. Sedangkan kekurangan kalium tepian daunnya akan berwarna kuning, dan warna kuning pada bagian tengah daun menandakan kekurangan unsur nitrogen (Campbell, *et. al.*, 2012, hal. 375). Berdasarkan jumlah yang dibutuhkan oleh tumbuhan, material organik ini dibedakan menjadi *makronutrien* dan *mikronutrien*. *Makronutrient* dibutuhkan dalam jumlah yang banyak contohnya C, N, H, O, N, P, Mg, dan Ca. Sedangkan contoh dari *mikronutrien* diantaranya adalah Fe, Cu, Zn, Mn, dan Cl.

Tumbuhan yang hidup di wilayah dengan kandungan material organik yang optimal akan lebih subur dibandingkan dengan tumbuhan yang hidup secara liar. Hal ini karena tumbuhan mendapatkan pasokan nutrisi yang optimal. contohnya di wilayah kebun pertanian tumbuhan liar sekalipun akan nampak lebih subur karena sering dilakukan pemupukan sehingga zat organik selalu dikondisikan untuk tetap tersedia. Sehingga material organik tanah dapat menyebabkan variasi tertentu pada tumbuhan sekalipun tumbuhan tersebut satu spesies.

5. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya adalah banyaknya cahaya yang diterima oleh suatu wilayah yang dapat diukur dengan menggunakan lux meter. Cahaya sangat menentukan morfologi tumbuhan yang tumbuh disuatu wilayah. Sugito, (2012, dalam Jayadi, 2015, hal. 33) dalam satu spesies tumbuhan yang terkena cahaya matahari secara optimal cenderung memiliki struktur daun yang lebih kecil, dan nisbah akar tinggi sedangkan tumbuhan yang tidak optimal terkena cahaya memiliki struktur daun yang lebih lebar dan tipis dengan nisbah akar rendah.

Cambell, *et. al.*, (2012, hal. 410) menyatakan kentang yang ditumbuhkan dalam medium yang gelap memiliki batang berwarna putih dan daun tidak mengembang. Sedangkan setelah dipaparkan selama seminggu batangnya berkembang dengan daun yang menghijau seperti tumbuhan pada umumnya. Hal yang demikian merupakan bentuk adaptasi dari tumbuhan dalam merespon keberadaan cahaya.

D. Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Akar Tumbuhan

Akar merupakan organ utama pada tumbuhan yang memiliki fungsi paling penting dalam menyerap nutrisi dari dalam tanah. Faktor lingkungan utama yang paling berpengaruh terhadap kondisi akar adalah kelembaban dan material organik tanah.

Kadar air dalam tanah sangat menentukan pola penyesuaian organ akar terhadap lingkungannya. Lingkungan yang tidak menyediakan cukup air mengharuskan akar mampu beradaptasi dengan maksimal agar dapat memperoleh air yang cukup. Air sangat penting untuk metabolisme dan mempertahankan kelangsungan hidup tumbuhan. Maka tumbuhan beradaptasi dengan memaksimalkan sistem perakaran sehingga mampu menyerap air dengan optimal. Beberapa karakter akar yang menunjukkan kurangnya kadar air dalam tanah diantaranya pemanjangan akar ke dalam lapisan tanah dan perluasan distribusi akar secara horizontal (Ai & Torey, 2013, hal. 31).

Unsur-unsur material organik dalam tanah sangat berpengaruh terhadap akar tumbuhan. *Makronutrien* yang paling penting diantaranya adalah nitrogen. Nitrogen merupakan unsur yang dapat membuat sistem perakaran pada tumbuhan menjadi optimal (Mengea *et. al.*, 2019, hal. 180).

Setiap wilayah tertentu memiliki faktor lingkungan yang identik atau khas. Sehingga setiap tumbuhan akan menyesuaikan diri dengan lingkungan yang ada tak terkecuali ketinggian. Menurut (Zarinkamar & Marzban, 2010, hal. 532) ketinggian suatu tempat dapat berdampak terhadap tebal lapisan korteks, panjang jaringan pembuluh, dan diameter akar. Artinya ketinggian dan faktor lingkungan suatu wilayah dapat berpengaruh terhadap jumlah sel yang menyusun jaringan-jaringan pada akar tumbuhan.

E. Adaptasi Akar pada Tumbuhan

Tumbuhan yang melakukan adaptasi dengan memodifikasi bagian - bagian tertentu mengakibatkan tumbuhan dalam satu spesies akan memiliki morfologi yang berbeda sebagai akibat penyesuaian dirinya terhadap lingkungan (Wahyuni, 2017, hal. 50). Morfologi dan anatomi merupakan dua hal yang saling berkorelasi atau saling mempengaruhi. Sehingga tumbuhan memiliki struktur anatomi yang berbeda antara tumbuhan satu dengan yang lainnya dalam satu spesies sebagai akibat penyesuaian dirinya terhadap lingkungan (Zarinkamar & Marzban, 2010, hal. 532). Kemampuan adaptasi yang demikian dikenal dengan istilah plastisitas. Plastisitas adalah kemampuan tumbuhan dalam memodifikasi organ-organ tertentu sehingga memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda dalam satu spesies, tapi sifat ini tidak diwariskan secara genetik kepada keturunannya (Price *et. al.*, 2003, hal. 1433) faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi plastisitas pada tumbuhan diantaranya yakni faktor kimia dan fisika. Menurut Mengea *et. al.*, (2019, hal. 180) “tanaman beras NERICA 1 yang hidup pada kondisi optimal nitrogen dengan kelembaban tanah rendah memiliki nilai lebih pada panjang akar, panjang akar lateral, dan indeks percabangan dibandingkan dengan kondisi miskin nitrogen dengan kelembaban tanah tinggi”. Maka peran kondisi lingkungan sangat menentukan kualitas dan kondisi tumbuhan yang hidup di lingkungan tersebut.

F. Hasil Penelitian Terdahulu

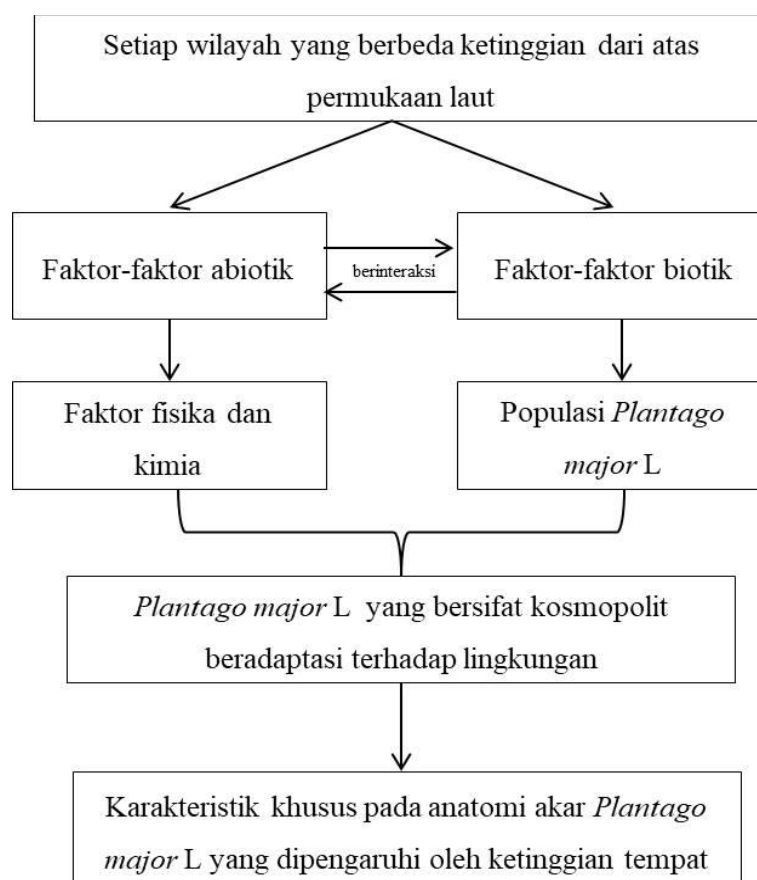
Hasil penelitian (Zarinkamar & Marzban, 2010, hal. 532) mengenai efek ketinggian terhadap anatomi *Plantago major* L menghasilkan data dimana semakin tinggi suatu tempat berdampak terhadap semakin tebalnya lapisan parenkim, panjangnya jaringan pembuluh, dan diameter akar.

Penelitian lainnya (Mengea *et. al.*, 2019, hal. 180) faktor lingkungan diantaranya nitrogen dan kelembaban tanah sangat mempengaruhi plastisitas akar. setelah membandingkan tumbuhan beras NERICA 1 yang hidup pada kondisi optimal nitrogen dengan kelembaban tanah rendah memiliki nilai lebih pada panjang akar, panjang akar lateral, dan indeks percabangan dibandingkan dengan kondisi miskin nitrogen dengan kelembaban tanah tinggi.

G. Kerangka Pemikiran

Plantago major L merupakan tumbuhan yang hidup secara kosmopolitan, yang mampu tumbuh mulai dari ketinggian 5 hingga 3300 mdpl (Sudarsono at al., 2002). Kisaran toleransi yang begitu luas bagi tumbuhan *Plantago major* L mengharuskannya untuk mampu beradaptasi terhadap lingkungan. Setiap ketinggian memiliki faktor klimatik (faktor fisika dan kimia) yang berbeda. Setiap kenaikan ketinggian 100 mdpl suhu udara turun sekitar $0,6^{\circ}\text{C}$ (Braak, 1977 dalam Istiawan, 2019, hal. 32).

Faktor lingkungan yang spesifik pada setiap ketinggian yang diantaranya suhu udara, kelembaban udara, suhu tanah, pH tanah, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya akan sangat mempengaruhi struktur anatomi dari *Plantago major* L. Hal tersebut merupakan bentuk penyesuaian diri *Plantago major* L terhadap lingkungannya. Berikut disajikan bagan kerangka pemikiran:



Gambar 2. 7. Bagan Kerangka Pemikiran