

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Benih dan Pola Tumbuhnya dalam Al Quran

Didalam Al-Quran benih disebutkan dengan kata “حَبًّا” yang berarti biji.

Di Al-Quran sendiri penjelasan tentang benih telah banyak disinggung dalam 10 kali, salah satunya pada Q.S ‘Abasa/80 : 27 sebagai berikut :

فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا ﴿٢٧﴾

lalu Kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu,

Serta dalam Q.S Yaasin (36) : 33

وَأَيُّهُمْ الْأَرْضُ الْأَمْيَّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾

Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan.

Kedua ayat di atas menjelaskan bahwasannya biji-bijian yang ditumbuhkan oleh Allah SWT bumi dan semua yang Dia ciptakan, hanya untuk mencukupi makhluknya salah satunya sebagai bahan makanan (فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ). Makanan merupakan sumber energi bagi tubuh, karena akan dirubah melalui proses metabolisme sehingga tubuh dapat memiliki tenaga untuk melakukan semua kegiatan.

Pola pertumbuhan benih itu sendiri juga dijelaskan di dalam Al-Quran, di mana benih yang ada di hamparan bumi ini akan ditumbuhkan dengan bantuan air hujan, dan dalam penyerbukannya dapat dibantu oleh angin. Air hujan membantu menumbuhkan suatu tanaman, di mulai sejak tanaman tersebut masih berupa benih/biji. Air yang masuk kedalam benih melalui proses imbibisi akan menyebabkan rentetan proses perkecambahan berikutnya. Perkecambahan merupakan pengaktifan kembali aktifitas pertumbuhan *embryonic axis* di dalam biji yang terhenti untuk kemudian membentuk bibit. Q.S An Luqman (31), ayat 10 menerangkan sebagai berikut,

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ۗ وَالْأَرْضِ رَواسِيَ ۗ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ ۖ وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ ۗ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿١٠﴾

Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu; dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. dan Kami turunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik.

Proses perkecambahan benih merupakan suatu tahapan awal dari pertumbuhan tanaman. Dalam Q.S Al Fath (48), ayat 29 dijelaskan,

مُحَمَّدٌ رَسُولُ اللَّهِ ۗ وَالَّذِينَ مَعَهُ أَشِدَّاءُ عَلَى الْكُفَّارِ رُحَمَاءُ بَيْنَهُمْ ۖ تَرَاهُمْ رُكَّعًا سُجَّدًا يَبْتَغُونَ فَضْلًا مِنَ اللَّهِ وَرِضْوَانًا ۖ سِيمَاهُمْ فِي وُجُوهِهِمْ مِنْ أَثَرِ السُّجُودِ ۗ ذَلِكَ مَثَلُهُمْ فِي التَّوْرَةِ ۗ وَمَثَلُهُمْ فِي الْإِنْجِيلِ كَزَرْعٍ أَخْرَجَ شَطْئَهُ فَفَازَرَهُ فَاسْتَغْلَظَ فَاسْتَوَىٰ عَلَىٰ سُوقِهِ يُعْجِبُ الزُّرَّاعَ لِيغِيظَ بِهِمُ الْكُفَّارَ ۗ وَعَدَّ اللَّهُ الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ مِنْهُمْ مَغْفِرَةً وَأَجْرًا عَظِيمًا ﴿٢٩﴾

Muhammad itu adalah utusan Allah dan orang-orang yang bersama dengan Dia adalah keras terhadap orang-orang kafir, tetapi berkasih sayang sesama mereka. kamu Lihat mereka ruku' dan sujud mencari karunia Allah dan keridhaan-Nya, tanda-tanda mereka tampak pada muka mereka dari bekas sujud. Demikianlah sifat-sifat mereka dalam Taurat dan sifat-sifat mereka dalam

Injil, Yaitu seperti tanaman yang mengeluarkan tunasnya Maka tunas itu menjadikan tanaman itu kuat lalu menjadi besarlah Dia dan tegak Lurus di atas pokoknya; tanaman itu menyenangkan hati penanam-penanamnya karena Allah hendak menjengkelkan hati orang-orang kafir (dengan kekuatan orang-orang mukmin). Allah menjanjikan kepada orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal yang saleh di antara mereka ampunan dan pahala yang besar.

Ayat di atas menjelaskan tentang proses pertumbuhan tanaman, yakni pada arti berikut “.....sifat tanaman yang mengeluarkan tunasnya, maka tunas itu menjadikan tanaman itu kuat lalu menjadi besarlah ia dan tegak lurus di atas pokoknya”. Dalam proses perkecambahan, hipokotil akan membentuk bagian-bagian tubuh tumbuhan sehingga akan muncul akar tanaman yang berfungsi untuk menyerap unsur hara dari dalam tanah untuk membantu proses biokimia didalam sel dan secara keseluruhan akar tanaman menjaga keseimbangan berat dan menopang berdirinya suatu tanaman. Selain akar, akan terbentuk pula batang (bagi tumbuhan berkayu atau perdu) serta daun. Dalam proses ini hormon pertumbuhan yang meliputi auksin, giberelin serta sitokinin sangat dibutuhkan.

Setelah dewasa, tumbuh-tumbuhan ini akan melakukan perkembangbiakan baik secara vegetatif maupun generatif. Penyerbukan pada beberapa tumbuhan ada yang dilakukan sendiri, dan ada yang membutuhkan bantuan, salah satunya dibantu oleh hembusan angin. Seperti yang dijelaskan dalam Q.S Al Hijr/15 : 22 sebagai berikut,

وَأَرْسَلْنَا الرِّيحَ لَوَاحٍ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَسْقَيْنَاكُمُوهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخَافِرِينَ ﴿٢٢﴾

dan Kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan Kami turunkan hujan dari langit, lalu Kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya.

Setelah proses penyerbukan dengan bantuan angin, tanaman tersebut akan dapat menghasilkan buah yang berbiji, biji tersebut nantinya akan menjadi benih baru. Dalam perkembangbiakan setiap tanaman memiliki masa yang berbeda-beda, ada tanaman yang masih mampu berbuah dalam waktu yang relatif lama dan ada pula tanaman yang hanya mampu berbuah untuk jangka waktu tertentu. Kemudian tanaman tersebut akan mengalami kematian, dimulai dari menjadi kering, daun-daun yang rontok dan berakhir kematian. Q.S Az Zumar (39): 21 menjelaskan bahwa,

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ نُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيَجُ فَتَرَهُ مُضْفَرًا ثُمَّ تَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿٢١﴾

Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.

Ayat di atas menjelaskan bagaimana Allah SWT menumbuhkan tumbuhan-tumbuhan yang memiliki macam-macam warna dan bentuk dengan bantuan curahan air dari langit berupa hujan seperti halnya dijelaskan pada ayat-ayat sebelumnya. Setelah suatu tumbuhan mampu melakukan penyerbukan dan menghasilkan buah, di sinilah peranan hormon etylen akan terlihat karena hormon ini akan berperan dalam proses pematangan buah. Dan setelah tua, tumbuhan akan berwarna kuning yang menandakan bahwa hormon pertumbuhan yang meliputi auksin, giberelin serta sitokinin telah dihambat kerjanya oleh asam absisat.

2.2 Botani Tanaman Rosella

2.2.1 Sistematika Rosella

Menurut Dasuki (1991), klasifikasi tanaman rosella sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Bangsa : Malvales

Suku : Malvaceae

Marga : Hibiscus

Jenis : *Hibiscus sabdariffa* var. *sabdariffa*

2.2.2 Morfologi Tanaman Rosella

Morfologi tanaman rosella (*H. sabdariffa* var. *sabdariffa*) terdiri dari batang, daun, bunga, buah, akar dan biji.

2.2.2.1 Batang

Rosella (*H. sabdariffa* L.) adalah tanaman perdu 1 tahun yang ada di seluruh wilayah tropis dunia. Ciri batang rosella merah seperti pada gambar 2.1 adalah memiliki batang bulat, tegak, berkayu dan berwarna merah. Tumbuh dari biji dengan ketinggian bisa mencapai 3-5 meter (Steenis, 2006).

Menurut Loebis (1970), ada 3 tipe varietas rosella (*H. sabdariffa* var. *sabdariffa*) berdasarkan warna batangnya yaitu:

- (1) Tipe merah : seluruh batang berwarna merah, demikian pula dengan tangkai dan tulang daun, tetapi ujung batang tetap hijau berbintik merah.

- (2) Tipe hijau : seluruh batang hijau, pangkal dan ujung tangkai daun bernoda merah. Tulang-tulang daun pada bagian bawah berwarna hijau sedang bagian atas hijau kemerah-merahan.
- (3) Tipe antara : batang merah kehijauan. Pangkal, ujung tangkai daun merah, tetapi tulang-tulang daun berwarna hijau.



Gambar 2.1 Batang Rosella Merah (<http://luki2blog.wordpress.com>.)

2.2.2.2 Daun

Daun tanaman rosela (*H. sabdariffa* var. *sabradiffa*) adalah tunggal dengan letak berseling (seperti pada gambar 2.2), panjang daun 6-15 cm dan lebar 5- 8 cm, tangkai daun bulat berwarna hijau dengan panjang 4-7 cm panjangnya, daun berbentuk lingkaran atau oval melintang dan berbagi 3 (Steenis, 2006). Wijayanti (2010) menambahkan bahwa daun rosella merah memiliki pertulangan menjari dan letaknya berseling dan pinggiran daun bergerigi.

Ukuran dan bentuk daun membesar dari bawah ke atas dan pada bagian atas akan membentuk daun yang lebih kecil terutama pada saat pembentukan bunga. Daun bercabang tiga dan pada ujung batang terdapat daun tunggal yang menyerupai lanset. Perubahan letak, besar dan ukuran daun tergantung dari varietas tanaman (Loebis, 1970).



Gambar 2.2 Daun Rosella Merah(<http://ada-dia.blogspot.com>)

2.2.2.3 Bunga

Bunga rosella bertipe tunggal yaitu hanya terdapat satu kuntum bunga pada setiap tangkai bunga. Bunga ini mempunyai 8-11 helai kelopak yang berbulu dengan panjang 1 cm, pangkal saling berlekatan dan berwarna merah. (Wijayanti, 2010).

Tangkai bunga rosela memiliki panjang 1-2 cm, beruas. Bunga diketiak, kebanyakan berdiri sendiri. Daun kelopak berbagi 5 dalam tajuk berbentuk lanset, berdaging tebal, merah tua atau kuning muda, dengan tulang daun merah. Daun mahkota bulat telur terbalik, panjang 3-5 cm (Steenis, 2006).



Gambar 2.3 Kelopak Bunga Rosella Merah (<http://lilikekanet/systempenjemuran>.)

2.2.2.4 Biji

Tanaman rosella merah (*H. sabdariffa* var. *sabradiffa*) mempunyai biji berbentuk seperti ginjal hingga triangular dengan sudut runcing, berbulu, panjang 5 mm dan lebar 4 mm, berwarna abu-abu kotor dan kilauannya merah kecoklatan (Loebis, 1970).



Gambar 2.4 Biji Rosella Merah(<http://food.detik.com/read/rosella>)

2.3 Viabilitas Benih

Viabilitas benih adalah daya hidup benih yang ditunjukkan melalui gejala metabolisme atau gejala pertumbuhannya (Sadjad, 1994). Parameter viabilitas benih meliputi viabilitas potensial, vigor kekuatan tumbuh, dan vigor daya simpan. Viabilitas potensial merupakan tolok ukur viabilitas benih pada kondisi optimum yang secara potensial mampu menghasilkan tanaman normal meliputi daya berkecambah dan bobot kering kecambah normal (Sadjad, 1994).

Vigor kekuatan tumbuh benih adalah tolak ukur yang bertujuan mengetahui kemampuan benih untuk dapat tumbuh di lapang serta menghasilkan perkecambahan normal dalam kondisi suboptimum, meliputi kecepatan tumbuh

dan tinggi bibit. Sedangkan vigor daya simpan adalah vigor yang menunjukkan kemampuan benih untuk disimpan, dengan tolak ukur antara lain vigor seielah deraan alkohol (valk), dan keserempakan tumbuh (Sadjad, 1994).

Penurunan viabilitas sebenarnya merupakan perubahan fisik, fisiologis dan biokimia yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya viabilitas benih. Salah satu gejala biokimia pada benih selama mengalami penurunan viabilitas adalah terjadinya perubahan kandungan beberapa senyawa yang berfungsi sebagai bahan sumber energi utama. Dalam keadaan ini benih mempunyai persediaan sumber energi karena terjadi perombakan senyawa makro seperti lemak dan karbohidrat menjadi senyawa metabolik yang lebih sederhana (Pirenaning, 1998).

2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Viabilitas Benih Dalam Penyimpanan

Menurut Kuswanto (1996) dan Sutopo (2004) viabilitas benih dalam penyimpanan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

2.4.1 Kandungan air benih

Benih yang akan disimpan sebaiknya memiliki kandungan air yang optimal, yaitu 20% pada benih ortodok (seperti benih rosella merah). Semakin tinggi kandungan air dalam benih selama penyimpanan maka akan cepat sekali mengalami kemunduran viabilitas benih. Hal ini disebabkan benih akan mengalami respirasi, sehingga penguraian cadangan makanan akan cepat terjadi sehingga benih mudah mengalami kemunduran.

2.4.2 Viabilitas awal benih

Benih yang akan disimpan harus mempunyai viabilitas awal yang semaksimal mungkin untuk mencapai waktu simpan yang lama, sebab selama masa penyimpanan yang terjadi hanyalah kemunduran dari viabilitas awal tersebut. Benih-benih dengan viabilitas awal yang tinggi lebih tahan terhadap kelembaban serta temperatur tempat penyimpanan yang kurang baik dibandingkan dengan benih-benih yang memiliki viabilitas awal yang rendah.

2.4.3 Temperatur

Temperatur yang terlalu tinggi pada saat penyimpanan dapat mengakibatkan kerusakan pada benih, sebab akan memperbesar terjadinya penguapan zat cair dari dalam benih, sehingga benih akan kehilangan daya imbibisi dan kemampuan untuk berkecambah. Temperatur yang optimum untuk penyimpanan benih jangka panjang 0° - 32°C . Antara kandungan air benih dan temperatur terdapat hubungan yang sangat erat dan timbal balik. Jika salah satu tinggi maka yang lain harus rendah. Sebab apabila kenaikan temperatur atau suhu ruang simpan mencapai 5° , menyebabkan penurunan umur simpan menjadi setengahnya.

2.4.4 Kelembaban

Kelembaban lingkungan selama penyimpanan juga sangat mempengaruhi viabilitas benih. Kelembaban nisbi lingkungan simpan harus diatur sehingga berkeseimbangan dengan kandungan air benih pada keadaan yang menguntungkan untuk jangka waktu simpan yang panjang. Kebanyakan jenis benih kelembaban nisbi antara 50% - 60% adalah cukup baik untuk

mempertahankan viabilitas benih paling tidak untuk jangka waktu penyimpanan selama setahun.

2.4.5 Gas disekitar Benih

Adanya gas di sekitar benih dapat mempertahankan viabilitas benih, misalnya gas CO₂ yang akan mengurangi konsentrasi O₂ sehingga respirasi benih dapat dihambat. Respirasi merupakan salah satu proses katabolisme, yaitu proses perombakan cadangan makanan dari makromolekul menjadi mikromolekul dengan melepas energi. Dimana dalam proses respirasi, akan terjadi penguraian hasil fotosintesis yang berupa glukosa dan O₂ menjadi CO₂ dan H₂O. Apabila proses respirasi terhambat, maka cadangan makanan yang disimpan dapat bertahan lama atau tidak cepat habis.

2.4.6 Mikroorganisme

Kegiatan mikroorganisme yang tergolong dalam hama dan penyakit gudang dapat mempengaruhi viabilitas benih yang disimpan. Jenis-jenis insekta yang termasuk hama perusak benih dalam simpanan seperti; *Calandra* sp, sedangkan hama gudang seperti *Tribolium* sp.

2.5 Perkecambahan Benih

2.5.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkecambahan

Perkecambahan benih di pengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor luar dan faktor dalam, yaitu:

2.5.1.1 Faktor Luar

2.5.1.1.1 Air

Air merupakan kebutuhan dasar yang utama untuk perkecambahan. Kebutuhan air berbeda-beda bergantung dari spesies tanaman. Beberapa benih dapat bertahan pada kondisi air yang berlebihan, di lain pihak ada jenis benih tertentu yang peka terhadap air. Fungsi air ialah (1) Melunakkan kulit benih sehingga embrio dan endosperm membengkak yang menyebabkan retaknya kulit benih, (2) sebagai pertukaran gas sehingga suplai oksigen kedalam benih terjadi, (3) media reaksi biokimia sehingga terjadi proses metabolisme di dalam benih, (4) mentranslokasikan cadangan makanan ketitik tumbuh yang memerlukan.

2.5.1.1.2 Suhu

Suhu merupakan syarat penting bagi perkecambahan biji. Suhu yang diperlukan dalam perkecambahan biji kebanyakan biji berkisar antara 26,5°C - 35°C. Di luar kondisi tersebut biji akan gagal berkecambah atau terjadi kerusakan yang menghasilkan kecambah abnormal. Pengaruh suhu terhadap perkecambahan benih dapat dicerminkan melalui suhu kardinal yaitu suhu minimum, optimum dan maksimum. Suhu minimum adalah suhu terendah dimana perkecambahan dapat terjadi secara normal, dan di bawah suhu itu benih tidak berkecambah dengan baik. Suhu optimum yaitu suhu yang paling sesuai untuk perkecambahan, dan suhu maksimum adalah suhu tertinggi dimana perkecambahan dapat terjadi, diatas suhu maksimum ini benih tidak berkecambah normal.

Suhu dapat berpengaruh terhadap kerja enzim yang ada didalam benih, sebab enzim tersusun dari protein yang sangat peka terhadap suhu. Suhu yang

terlalu tinggi dapat menyebabkan denaturasi protein, sebaliknya apabila suhu terlalu rendah akan menyebabkan reaksi yang ada didalam benih terhambat bahkan enzim menjadi inaktif.

2.5.1.1.3 Oksigen

Dalam perkecambahan O₂ digunakan untuk respirasi, konsentrasi O₂ yang diperlukan untuk perkecambahan adalah 20 %. Dengan melakukan perombakan cadangan makanan melalui proses respirasi, benih akan memperoleh energi yang selanjutnya digunakan untuk proses perkecambahan perkecambahan. Apabila kadar O₂ yang ada disekitar benih lebih sedikit daripada CO₂, proses espirasi yang akan terjadipun dapat terhambat sehingga berpengaruh terhadap viabilitas benih dalam berkecambah.

2.5.1.1.4 Cahaya

Cahaya bagi beberapa benih merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perkecambahan. Pada umumnya kualitas cahaya terbaik untuk perkecambahan benih berkisar antara 660 nm – 700 nm, yaitu cahaya merah. Pengaruh cahaya terjadi pada benih yang lembab, sedangkan pada benih yang berkadar air rendah cahaya memberikan pengaruh yang relatif kecil bahkan tidak sama sekali. Hal ini disebabkan karena fitokrom, yaitu pigmen penyerap cahaya tidak aktif pada benih berkadar air rendah.

2.5.1.1.5 Medium

Medium yang baik bagi perkecambahan harus memiliki sifat yang baik seperti gembur, mempunyai kemampuan menyimpan air, dan bebas dari organisme penyebab penyakit terutama cendawan.

2.5.1.2 Faktor Dalam

2.5.1.2.1 Tingkat Kematangan Benih

Benih yang di telah panen sebelum tingkat kematangan fisiologisnya tercapai tidak akan mempunyai daya tumbuh yang tinggi. Pada beberapa jenis tanaman, benih yang demikian tidak akan dapat berkecambah. Diduga pada tingkatan tersebut benih belum memiliki cadangan makanan yang cukup dan juga pembentukan embrio yang belum sempurna. Kematangan benih perlu dipersiapkan untuk proses perkecambahan. Penyiapan yang dapat dilakukan dengan cara melihat ciri-ciri yang tampak. Seperti contohnya pada benih jagung, benih yang telah mengalami masak fisiologis akan menunjukkan adanya black layer dan milk layer (Sutopo,2004).

2.5.1.2.2 Ukuran Benih

Didalam jaringan penyimpanan, benih memiliki karbohidrat, protein, lemak dan mineral. Bahan-bahan tersebut diperlukan sebagai bahan baku dan energi bagi embrio yang sedang berkecambah. Diduga bahwa benih yang berukuran besar dan berat mempunyai cadangan makanan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan benih yang berukuran kecil, sehingga dapat berakibat pada perkecambahan yang terjadi. Benih yang berukuran besar berpotensi untuk dapat berkecambah dengan baik (normal), sebaliknya benih yang berukuran kecil akan berkecambah normal lemah bahkan abnormal (Sutopo, 2004).

2.5.1.2.3 Dormansi

Suatu benih dikatakan dorman apabila benih tersebut sebenarnya hidup tetapi tidak mau berkecambah walaupun diletakkan pada keadaan lingkungan yang memenuhi syarat bagi perkecambahannya. Periode dorman ini dapat langsung musiman atau dapat juga selama beberapa tahun, tergantung pada jenis benih dan tipe dormansinya (Sutopo, 2004). Rosella merah (*H. sabdariffa* var. *sabdariffa*) merupakan benih yang tidak mengalami dormansi, karena rosella bukan merupakan tanaman berbiji keras yang identik mengalami dormansi.

2.5.1.2.4 Zat Penghambat

Perkecambahan benih dapat terhambat dikarenakan beberapa faktor antara lain:

1. Inhibitor, inhibitor akan menghambat perkecambahan benih baik didalam maupun dipermukaan benih. Didalam benih inhibitor akan menghambat kerja enzim, dimana zat penghambat (inhibitor) yang berperan adalah inhibitor kompetitif. Inhibitor ini mempunyai struktur yang mirip dengan struktur substrat, dengan demikian baik substrat maupun inhibitor akan bersaing untuk dapat berikatan dengan sisi aktif enzim. Apabila zat penghambat lebih dulu berikatan dengan sisi aktif enzim, maka substrat tidak dapat lagi berikatan dengan sisi aktif enzim. Konsentrasi inhibitor akan turun jika benih mengalami proses imbibisi dan hal ini menyebabkan kemampuan menghambatnya menjadi berkurang (Kuswanto, 1996).
2. Larutan dengan nilai osmotik tinggi, perkecambahan benih akan terhambat jika benih berimbibisi pada larutan tinggi, misalnya NaCl atau manitol.

Penghambatan ini dapat disebabkan karena air yang ada didalam benih akan keluar menuju lingkungan luar yang bertekanan osmotik lebih tinggi (hipertonik), sehingga lama kelamaan benih akan mengalami plasmolisis akibat kekurangan air (Kuswanto, 1996).

3. Bahan yang menghambat lintasan metabolik atau menghambat pernafasan, kehadiran zat ini akan menghambat laju respirasi sehingga proses katabolisme maupun anabolisme menjadi terhambat. Zat yang memiliki sifat ini antara lain: sianida, flourida, caumarin, herbisida, dll. Zat-zat ini akan menjadi inhibitor nonkompetitif bagi enzim, sehingga substrat tidak dapat lagi berikatan dengan sisi aktif karena sisi aktif tersebut sudah berubah bentuk. Perubahan bentuk dari sisi aktif enzim disebabkan adanya ikatan dari inhibitor pada jarak terjauh dari sisi aktif (Kuswanto, 1996).

2.5.2 Mekanisme Perkecambahan Biji

Perkecambahan adalah proses pertumbuhan embrio dan komponen-komponen biji atau benih yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh secara normal menjadi tanaman baru (Abidin, 1983). Serangkaian proses perubahan morfologi dan biokimia yang terjadi selama proses perkecambahan benih antara lain :

2.5.2.1 Imbibisi

Imbibisi merupakan suatu proses difusi atau disebut pula suatu proses absorpsi atau osmosis. Disebut difusi dikarenakan pada sel benih yang kering dan bertekanan osmosis yang tinggi maka akan menyebabkan air akan bergerak dari tekanan yang rendah menuju ke tekanan yang tinggi, sedangkan disebut absorpsi

atau osmosis karena dinding sel kulit benih dan protoplas benih permeabel terhadap molekul-molekul air. Kedudukan molekul-molekul air ini nantinya akan mengisi ruang-ruang antarmolekul dan ruang-ruang antar sel dari benih, proses ini disebut absorpsi (Pranoto, 1990).

Selama proses imbibisi terjadi proses hidrasi dari koloid-koloid hidrofil yang berakibat bertambahnya volume sehingga menimbulkan tekanan imbibisi. Tekanan ini diperlukan sebagai kekuatan untuk melindungi benih dari pembengkakan selama proses hidrasi yang mengakibatkan keretakan pada bagian kulit benih, pendesakan pada bagian tanah tempat benih berkecambah dan selanjutnya pengaturan air yang masuk ke dalam benih selama proses perkecambahan (Pranoto, 1990).

2.5.2.2 Pengaktifan Enzim dan Hormon

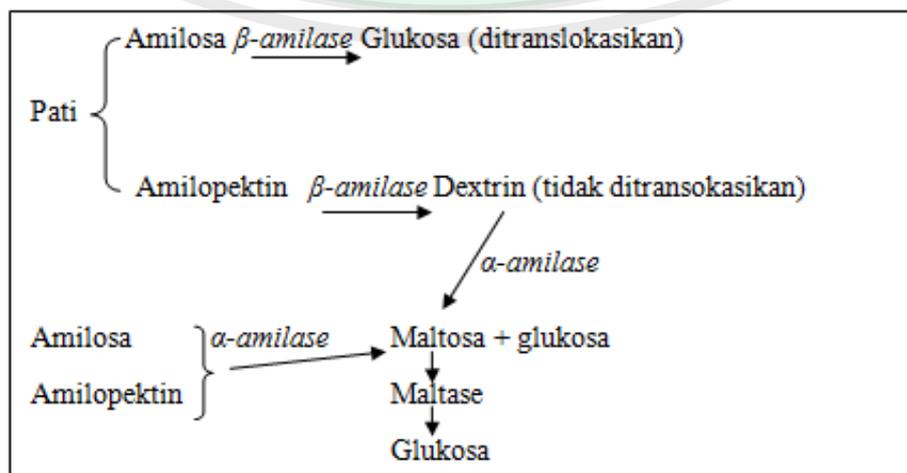
Reaksi pengaktifan enzim ini diawali dengan proses hidrasi pada protein sehingga menyebabkan perubahan komposisi kimia pada semua bagian benih (Pranoto, 1990). Enzim merupakan suatu senyawa organik yang dihasilkan oleh sel hidup, berupa suatu protein, yang mempunyai fungsi mirip dengan katalisator anorganik dimana keberadaannya dapat mempercepat suatu reaksi kimia dan sebaliknya suatu reaksi akan berlangsung lambat apabila keberadaan (enzim) tidak ada (Kamil, 1979).

Hormon giberelin pada benih kering terdapat dalam bentuk terikat dan tidak aktif, kemudian akan menjadi aktif setelah benih mengimbibisi air. Proses imbibisi ini akan mendorong pembentukan enzim-enzim hidrolisis seperti enzim α -amilase, protease, ribokulonase, β -glukonase serta fostafase. Enzim-enzim yang

telah terbentuk ini kemudian berdifusi ke dalam endosperm dan mendegradasi bahan cadangan makanan yang ada menjadi gula, asam amino, dan nukleosida sehingga dapat mendukung tumbuhnya embrio selama perkecambahan dan pertumbuhan kecambah (Pranoto, 1990).

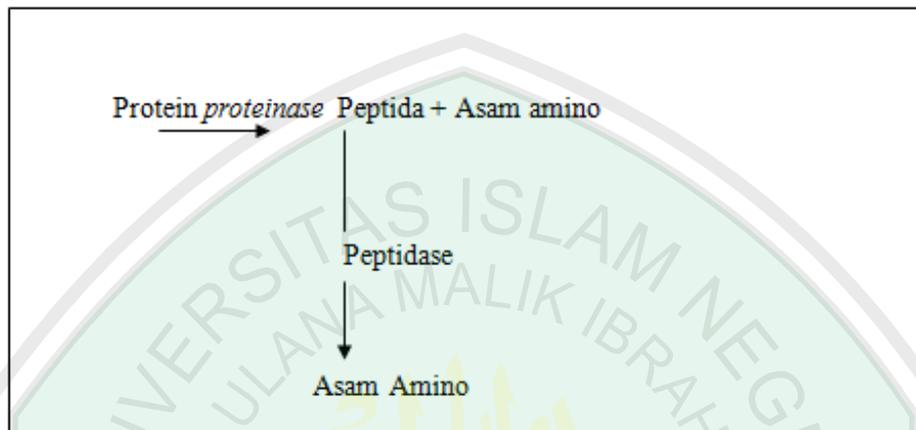
2.5.2.3 Perombakan Cadangan Makanan

Setelah air berimbibisi kedalam benih selanjutnya terjadi reaktivasi enzim dan hormon, yang berakibat proses perombakan cadangan makanan dalam jaringan cadangan makanan dapat berlangsung (Pranoto, 1990). Enzim amilase merombak pati menjadi gula seperti glukosa, fruktosa, atau sukrosa. Enzim lipase merombak lemak menjadi asam lemak dan glyserin, sedangkan enzim protease merombak protein menjadi asam amino. Senyawa hasil perombakan ini akan larut dalam air dan dapat berdifusi. Enzim α -amilase terbentuk pada awal mula perkecambahan oleh bantuan giberelin. Apabila giberelin belum diaktifkan maka enzim α -amilase tidak akan terbentuk yang dapat menyebabkan terhalangnya proses perombakan pati, sehingga dapat mengakibatkan tidak terjadinya perkecambahan (Sutopo, 2004). Reaksi enzim secara umum dan skematis dalam perombakan cadangan makanan adalah :



Gambar 2.5 reaksi perombakan pati menjadi glukosa (Kamil, 1979).

Sedangkan reaksi perombakan protein oleh protease sehingga menjadi asam amino yang dapat membantu proses perkecambahan dijelaskan pada skema berikut,



Gambar 2. 6 Skema perombakan Protein mejadi Asam amino (Kamil, 1979).

2.5.2.4 Pengangkutan Cadangan Makanan

Cadangan makanan yang telah dicerna dengan hasil gula, asam amino, dan asam lemak selanjutnya diangkut dari daerah jaringan penyimpanan cadangan makanan menuju daerah yang membutuhkan yaitu titik-titik tumbuh pada embryonic axis, plumule, radicle. Pengangkutan ini dilakukan secara difusi dan osmosis sehingga tidak memerlukan tenaga (energy) (Kamil, 1979).

2.5.2.5 Asimilasi

Asimilasi merupakan tahap terakhir dalam penggunaan cadangan makanan dan merupakan proses pembangunan kembali. Pada proses asimilasi ini protein yang telah dirombak oleh enzim protease menjadi asam amino diangkut ke titik-titik tumbuh, dan disusun kembali menjadi protein baru yang nantinya digunakan untuk pembentukan protoplasma baru. Sedangkan selulosa melalui protoplasma dipergunakan untuk pembentukan dinding sel. Pada proses pembentukan kembali

senyawa-senyawa yang telah kompleks ini dibutuhkan tenaga yang berasal dari proses respirasi (Kamil, 1979).

Respirasi pada proses perkecambahan biji sama halnya dengan pernafasan biasa yang terjadi pada bagian (organ) tumbuhan yang lainnya, yaitu proses perombakan sebagian makanan cadangan (karbohidrat) menjadi senyawa lebih sederhana seperti CO_2 dan H_2O . Proses pernafasan selama perkecambahan biji berlangsung paling aktif dibandingkan dengan semua pernafasan yang terjadi pada jaringan atau organ pada tumbuhan (Kamil, 1979).

2.5.2.6 Pertumbuhan

Pertumbuhan awal dari embrio selama proses perkecambahan ditandai dengan peningkatan bobot kering dari komponen-komponen embrio. Pecahnya kulit biji dan munculnya radikel menunjukkan bahwa proses perkecambahan sudah berlangsung secara lengkap. Munculnya akar terjadi akibat adanya pemanjangan sel yang selanjutnya diikuti dengan pembelahan sel. Proses pemanjangan sel terdiri dari dua fase. Fase pertama, pemanjangan sel radikel terjadi tanpa penambahan bobot kering dan hanya sedikit menambah bobot basah. Pada fase kedua, pemanjangan radikel secara cepat meningkatkan bobot kering maupun bobot basah dan diiringi mobilisasi nutrisi kedalam radikel. Kejadian ini menyebabkan munculnya radikel dan benih berubah dari organisme yang autotrof menjadi organisme heterotrof (Pranoto, 1990).

2.5.3 Metabolisme Perkecambahan Benih

Mekanisme metabolisme perkecambahan di dalam benih diatur oleh kerja hormon yang disebut fitohormon. Fitohormon yang ditemui di dalam benih yaitu giberelin, auksin, sitokinin dan ABA (Pranoto, 1990).

2.5.3.1 Giberelin

Giberelin merupakan salah satu zat pengatur tumbuh tanaman yang memiliki peranan dalam mempercepat proses perkecambahan benih. Fungsi terpenting giberelin selama perkecambahan benih adalah untuk meningkatkan potensi tumbuh dari embrio dan sebagai promotor perkecambahan (Rusmin, 2011).

Giberelin pada benih yang kering akan berkonjugasi dengan gula membentuk glukosida dan dalam keadaan tidak aktif. Hormon ini menjadi aktif setelah benih mengimbibisi air (Sutopo, 2004). Menurut Pirenaning (1998) Giberelin dapat diperoleh dari biji yang belum dewasa (terutama pada tumbuhan dikotil), ujung akar dan tunas, dan daun muda. Sebagian besar giberelin yang diproduksi oleh tumbuhan adalah dalam bentuk inaktif, tampaknya memerlukan prekursor untuk menjadi bentuk aktif. Kemampuan giberelin untuk meningkatkan pertumbuhan pada tanaman lebih kuat dibandingkan dengan pengaruh yang ditimbulkan oleh auksin apabila diberikan secara tunggal. Namun demikian auksin dalam jumlah yang sangat sedikit tetap dibutuhkan agar giberelin dapat memberikan efek yang maksimal.

Sebagian besar tumbuhan dikotil seperti Rosella merah (*H. sabdariffa* var. *sabdariffa*) akan tumbuh cepat jika diberi giberelin, tetapi tidak demikian halnya

pada tumbuhan konifer misalnya pinus. Banyak tanaman yang secara genetik kerdil akan tumbuh normal setelah diberi giberelin. Efek giberelin tidak hanya mendorong perpanjangan batang, tetapi juga terlibat dalam proses regulasi perkembangan tumbuhan seperti halnya auksin. Pada beberapa tanaman pemberian giberelin bisa memacu pembungaan dan mematahkan dormansi tunas-tunas serta biji (Pirenaning, 1998).

2.5.3.2 Sitokinin

Sitokinin merupakan salah satu kelompok fitohormon yang terdapat didalam benih dan berperan dalam perkecambahan (Pranoto, 1990). Sitokinin juga berpengaruh di dalam perkembangan embrio (Wattimena, 1990). Mekanisme kerja sitokinin dalam perkecambahan benih belum banyak diketahui, tetapi ada tiga kemungkinan yang dapat diungkapkan sehubungan dengan kehadirannya pada daerah ribosom yaitu berperan dalam proses 1). Transkripsi RNA, 2). Translasi dalam sintesis protein, serta berpengaruh terhadap proses kerja fitokrom, 3). Mengatur permeabilitas membran sehingga memungkinkan keluarnya hormon giberelin dari skutelum menuju aleuron selama stadium proses perkecambahan (Pranoto, 1990).

Sitokinin banyak terdapat pada jaringan muda dan aktif membelah seperti endosperm, embrio, buah muda, bibit dan meristem apikal serta berpengaruh dalam proses pembelahan sel (Abidin, 1983). Senyawa sitokinin dalam konsentrasi yang rendah dapat mengatur proses fisiologis tumbuhan. Hormon ini mempengaruhi asam nukleat untuk sintesis enzim dan mengatur aktifitas enzim.

Sitokinin juga berperan dalam pembelahan sel sehingga radikula dapat terdorong dan menembus endosperm (Sujarwati, 2011).

2.5.3.3 Auksin

Mekanisme kerja auksin akan mempengaruhi pemanjangan sel-sel pada tanaman. Cara kerja auksin adalah dengan mempengaruhi pengenduran /pelenturan dinding sel. Sel tumbuhan kemudian memanjang akibat air yang masuk secara osmosis. Setelah pemanjangan ini, sel terus tumbuh dengan mensintesis kembali material dinding sel dan sitoplasma. Selain memacu pemanjangan sel yang menyebabkan pemanjangan batang dan akar, peranan auksin lainnya adalah adanya kombinasi auksin dan giberelin akan memacu perkembangan jaringan pembuluh dan mendorong pembelahan sel pada kambium pembuluh sehingga mendukung pertumbuhan diameter batang (Rusmin, 2011).

Pengaruh auksin terhadap perkembangan sel telah menunjukkan bahwa terdapat indikasi yakni auksin dapat menaikkan tekanan osmotik, meningkatkan permeabilitas sel terhadap air, menyebabkan tekanan pada dinding sel, meningkatkan sintesis protein, dan pengembangan dinding sel. Dalam hubungannya dengan permeabilitas sel, kehadiran auksin akan meningkatkan difusi air ke dalam sel yang selanjutnya mengakibatkan proses-proses pengaktifan enzim untuk perkecambahan (Abidin, 1983).

2.5.4 Kriteria Kecambah

Kriteria kecambah menurut Hartati (1993) dapat di bedakan sebagai berikut:

2.5.4.1 Kecambah normal kuat

Kecambah normal seperti pada Gambar 2.7 mempunyai kriteria sebagai berikut:

- 1). Akar : Akar primer tumbuh panjang dan ada akar sekunder
- 2). Hipokotil : panjangnya minimum empat kali panjang kotiledon dan tumbuh baik tanpa ada kerusakan
- 3). Kotiledon : Ada dua buah dan tidak ada kerusakan

2.5.4.2 Kecambah normal lemah

- 1). Akar : Akar primer tumbuh panjang dan ada atau tidak ada akar sekunder
- 2). Hipokotil : panjangnya minimum empat kali panjang kotiledon dan tumbuh baik, ada kerusakan tetapi tidak sampai ke jaringan pengangkut.
- 3). Kotiledon : Ada dua buah atau hanya satu dan tidak boleh ada kerusakan melebihi 50 %



Gambar 2.7 Kecambah normal

2.5.4.3 Kecambah abnormal

Kecambah abnormal seperti pada gambar 2.8 memiliki kriteria sebagai berikut:

- 1). Akar :Tidak ada akar primer/akar primer pendek dan tidak ada akar sekunder
- 2). Hipokotil :Hipokotil cacat, membengkak dan pendek,bercelah dalam atau luka-luka kecil
- 3). Kotiledon : keduanya busuk, rusak atau tidak ada



Gambar 2.8 Kecambah abnormal

2.6 Invigorasi

Invigorasi merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi mutu benih yang rendah dengan cara memperlakukan benih sebelum ditanam. Invigorasi didefinisikan sebagai salah satu perlakuan fisik, fisiologis dan biokimia untuk mengoptimalkan viabilitas benih, sehingga benih mampu tumbuh cepat, dan serempak pada kondisi yang beragam (Nugraha, 2011). Menurut Rusmin (2004) perlakuan invigorasi yang sering dilakukan adalah metode *osmoconditioning*, *matricconditioning* dan *hidrasi-dehidrasi* dengan pengertian sebagai berikut :

2.6.1 Osmoconditioning

Osmoconditioning merupakan perbaikan fisiologis dan biokimia dalam benih selama penundaan perkecambahan oleh potensial osmotik rendah dan potensial matrik yang diabaikan dari media imbibisi. Perbaikan ini berhubungan dengan kecepatan dan keserempakan perkecambahan serta perbaikan dan peningkatan potensial perkecambahan. Contoh larutan untuk *Osmoconditioning* antara lain PEG, KNO₃, K₃PO₄, MgSO₄, NaCl, gliserol dan manitol.

2.6.2 Matricconditioning

Matricconditioning merupakan invigorasi yang dilakukan dengan menggunakan media padat yang dilembabkan. Media yang digunakan untuk matricconditioning harus mempunyai potensial matrik rendah dan potensial osmotik yang dapat diabaikan, daya larut rendah, tetap utuh selama perlakuan, *inert*, tidak beracun, dan daya pegang air tinggi. Contoh media untuk Matricconditioning adalah Micro-Cel E, Vermikulit, abu gosok dan serbuk gergaji.

2.6.3 Hidrasi-dehidrasi

Hidrasi-dehidrasi merupakan suatu perlakuan pelembaban benih dalam suatu periode tertentu yang diikuti dengan pengeringan benih sampai kembali pada berat semula. Metode pelembaban benih dilakukan dengan berbagai cara, seperti merendam benih, mencelup benih, menyemprot benih dan meletakkan benih pada udara yang jenuh dengan uap air. Sedangkan proses pengembalian kadar air benih seperti semula dapat dilakukan dengan mengeringkan benih dengan cahaya matahari langsung, dengan oven suhu 30°C atau dengan mengangin-anginkan benih sampai tercapai berat awal.

2.7 Penggunaan Air kelapa Muda Sebagai Hormon Tumbuh Alami untuk Invigorasi Benih

Air dapat bersumber dari air mata air, air hujan, air buah-buahan dan air lainnya (Ruaida, 2009). Air yang telah masuk kedalam benih melalui proses imbibisi akan dimanfaatkan dalam fase awal perkecambahan. Air kelapa merupakan salah satu sumber alami hormon tumbuh yang dapat digunakan untuk memacu pembelahan sel dan merangsang pertumbuhan tanaman, selain itu perendaman benih dalam air kelapa dapat meningkatkan kecepatan perkecambahan benih (Sujarwati, 2011). Ditambahkan oleh Bey dan Sutrisna (2006) bahwa pada air kelapa terkandung hormon seperti sitokinin, auksin, dan giberelin serta senyawa lain yang dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkecambahan.

Sadjad (1993) menyatakan bahwa aktifnya proses metabolisme dan reproduksi pada awal perkecambahan tidak hanya tergantung ketersediaan substrat respirasi dalam embrio, tetapi membutuhkan katalisator biologi yang sangat penting. Enzim yang ada di dalam benih akan diaktifkan sewaktu fase imbibisi. Aktifnya kerja enzim karena adanya zat pemacu (trigger substrat) seperti auksin, giberelin, dan sitokinin. Zat pemacu tersebut dikenal sebagai zat pengatur tumbuh (ZPT), apabila dihasilkan oleh tanaman sendiri (endogen) disebut fitohormon sedangkan apabila disintesis di luar tanaman disebut ZPT eksogen (Wattimena, 1988).

Wudianto (1998) menyatakan bahwa sebenarnya setiap tanaman memiliki hormon untuk merangsang perkecambahan, akan tetapi hormon yang ada pada

benih tersebut jumlahnya sangat sedikit sehingga perlu ditambah dengan harapan pertumbuhan dapat terjadi lebih cepat. Kusumo (1990) menambahkan bahwa konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT) dalam perlakuan akan mempengaruhi jumlah dan kecepatan penyerapan yang terjadi pada benih, sehingga akan berpengaruh terhadap daya berkecambah, kecepatan perkecambahan, kesuburan benih, mempercepat masa pembungaan, serta menghindari pengaruh buruk fungisida.

Salah satu cara perlakuan menggunakan ZPT adalah dengan merendam benih. Perendaman ini memungkinkan benih mengalami imbibisi sehingga kadar air benih setelah perendaman akan meningkat dan menstimulir perkecambahan (Kusumo, 1990). Perendaman benih pada zat pengatur tumbuh ini akan mempengaruhi proses fisiologi sehingga terjadi pengikatan ZPT pada plasma membran yang dapat merubah protein dan sifat-sifat permeabilitas membran sel, sehingga air, ion-ion anorganik atau molekul-molekul organik akan memasuki sel dan merubah tekanan osmotik sel yang dapat mempengaruhi proses biokimia sel (Wattimena, 1988).

2.7.1 Perbedaan Kandungan Kelapa Berdasarkan Umur

Air kelapa muda memiliki kandungan zat pengatur tumbuh lebih tinggi dari pada kelapa tua. Menurut Kristina (2012) bahwa seiring dengan bertambahnya umur dari kelapa, kandungan ZPT alaminya juga akan berkurang, penurunan kandungan ZPT alami ini terjadi karena energi yang ada dibutuhkan untuk pembentukan daging buah. Komposisi kandungan air kelapa muda antara lain Giberelin (0.460 ppm GA₃, 0.255 ppm GA₅, 0.053 ppm GA₇) Sitokinin

(0.441 ppm Kinetin, 0.247 Zeatin) dan Auksin (0.237 ppm IAA) (Djamhuri, 2011).

Kelapa muda memiliki kandungan endosperm seperti susu dikarenakan kandungan hormon sitokin maupun auksin alami masih tinggi, daging buah tipis, volume air lebih banyak kurang lebih setengah liter. Sedangkan pada kelapa tua memiliki kandungan endosperm kecoklatan, daging buah tebal, dan volume air lebih sedikit dibandingkan kelapa muda karena jumlah air kelapa makin berkurang sesuai dengan bertambahnya umur buah (Sujarwati, 2011).

Kandungan kimia dari air kelapa muda menurut Kristina (2012) sebagai berikut,

| Bahan Kimia | Komponen Bahan Kimia |
|-----------------------|---|
| Asam amino | Aspartat, glutamat, serin, asparagin, glisin, β -alalin, threonin, histidin, glutamin, arginin, lisin, valin, metionin, tirosin, prolin, homo-serin, fenilalanin, hidroksiprolin. |
| Kandungan nitrogen | Amonium, etanol-amin, dihidroksi-fenilalanin. |
| Asam-asam organik | Sikimik, kuinik, pirolidon, karboksilik, suksinik, malik, sitrik. |
| Gula | Sukrosa, glukosa, fruktosa, manitol. |
| Gula alkohol | Surbitol, mioinositol, skiloinositol. |
| Vitamin | Asam nikotinat, asam pantotenat, biotin, riboflavin, asam folat, tiamin, piridoksin, asam askorbat. |
| Substansi pertumbuhan | Auksin, giberelin, zeatin, 1,3-diphenilurea, zeatin glukosida, zeatin ribosida, promotor pertumbuhan, sitokinin-sitokinin yang lain. |
| Lain-lain | RNA-polimerase, DNA-P, urasil, adenin, leukoantosianin, pilokosin, asam fosfatase, diastase, dehidrogenase, peroksidase, katalase. |