

### III. TEORI PENDEKATAN EPIDEMI

#### 3.1. Kerusakan dan kerugian tanaman sakit

Kalau kita dihadapkan dengan tanaman sakit, selalu terlintas pertanyaan tentang : berapa besar kerugian (*loss*) yang diakibatkan oleh penyakit tersebut? Pertanyaan tersebut berhubungan dengan hasil dan perlu tidaknya dilakukan pengendalian yang memerlukan biaya. Namun demikian, pertanyaan tersebut sering sulit terjawab atau mungkin dapat dijawab dengan kurang tepat secara kuantitatif dan sering pula jawabannya tergantung kepada “keinginan” yang bertanya dan yang menjawab, sehingga ada kecenderungan dibesar-besarkan atau sebaliknya.

Sulitnya menjawab dengan tepat masalah tersebut di atas juga disebabkan karena penelitian yang sangat kurang atau belum memadai, terutama kerugian yang diakibatkan oleh penyakit yang kurang menonjol atau kurang diperhatikan tetapi penyebarannya sangat meluas. Misalnya penyakit bercak padi yang disebabkan oleh *Desclera oryzae* sangat meluas tetapi mungkin hanya merugikan sebesar 2% saja, sedangkan penyakit bercak yang disebabkan oleh *Pyricularia oryzae* hanya setempat atau lokal tetapi dapat mengakibatkan tanaman menjadi ‘puso’ (kerugian 100%). Oleh karena itu orang lebih cenderung memperhatikan penyakit yang disebabkan oleh *Pyricularia* dibanding *Desclera*. Namun demikian jika kita lihat luas serangannya di Indonesia, *P. oryzae* mungkin hanya menyerang tanaman padi seluas 1.000 hektar, sedangkan *D. oryzae* menyerang seluruh pertanaman padi di Indonesia yang luasnya jutaan hektar, sehingga kalau dikalkulasi maka *D. oryzae* mengalami kerugian yang jauh lebih besar. Setiap juta hektar tanaman padi di Indonesia terserang *Desclera* 2% atau seluas 20.000 hektar mengalami puso dan ini mengalami kerugian 20 kali dibanding dengan 100% dari 1.000 hektar yang terserang *Pyricularia*. Oleh karena itu untuk pertimbangan pengendalian, kebijaksanaan Pemerintah, pertimbangan penelitian dan pertimbangan nilai ilmiah, perlu diukur besarnya kerugian pada skala yang tepat.

Salah satu pertimbangan pengendalian biasanya dikaitkan dengan ambang ekonomi dan profit marginnya yaitu : *benefit cost ratio* harus lebih besar dari satu ( $b/c > 1$ ) artinya biaya pengendalian harus lebih kecil dibanding dengan kerugian akibat penyakit. Pada sistem usaha sekarang lebih mengejar *profit margin* yang rendah ( $b/c \sim 1$  ; dibaca sedikit lebih besar 1), tetapi menguasai banyak produk atau konsumen, sehingga nilai efiseinsinya (*output / input* ) tetap lebih besar dari satu. Dengan menggunakan pertimbangan profit margin rendah tersebut maka nilai efisiensi dapat diperbesar dengan memperbesar output dan memperkecil input. Oleh karena itu

pekerjaan-pekerjaan pengendalian yang tidak perlu, juga tidak usah dilakukan agar dapat memperkecil input.

### 3.2. Struktur dan pola epidemi penyakit tanaman

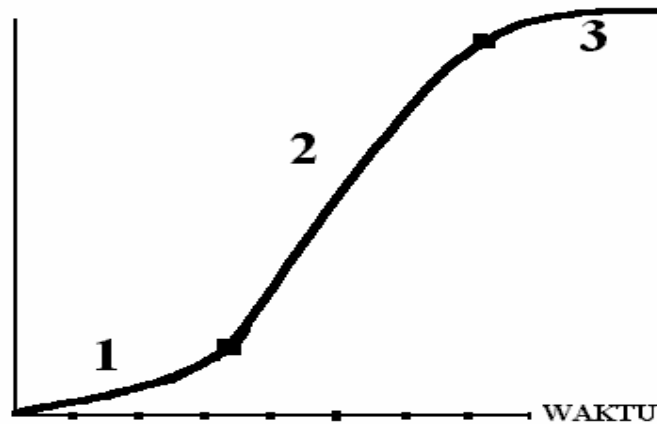
Epidemi berkembang sebagai akibat adanya interaksi dua komponen utama, yaitu: *populasi tanaman rentan* dan *populasi patogen virulen* yang dipengaruhi oleh tiga atribut penentu, yaitu: *lingkungan* dan campur tangan *manusia* dalam kurun *waktu* tertentu. Interaksi tersebut akan menghasilkan komponen utama ketiga, yaitu: *penyakit*. Oleh karena itu, epidemi penyakit tanaman mempunyai tiga komponen utama, yaitu: *tanaman*, *patogen*, dan *penyakit*, dan tiga atribut penentu, yaitu: *lingkungan*, *manusia* dan *waktu*.

- 1]. Komponen tanaman terdiri atas beberapa subkomponen, seperti :
  - a. Kelompok umur tanaman ( semusim atau tahunan),
  - b. Fase pertumbuhan (kecambah, bibit, pertumbuhan, pembungaan, dll),
  - c. Bahan perbanyakannya (biji, vegetatif),
  - d. Ketahanan tanaman (peka - imun),
  - e. Hasil reaksi (nekrotik, hipoplastik, hiperplastik).
- 2]. Komponen patogen, meliputi sub-komponen :
  - a. Patogenisitas (biotrof, nekotrof, toksin, bentuk penetrasi),
  - b. Sifat perkembangan patogen (mengikuti tipe bunga sederhana atau majemuk),
  - c. Kelincahan (agresivitas) patogen,
  - d. Virulensi patogen. (bentuk-bentuk ras),
  - e. Sporulasi (jenis dan jumlah inokulum)
  - f. Penyebaran ( karena : pertumbuhan, angin, air, vektor, atau pembawa lain),
  - g. Daya bertahan hidup (lama bertahan hidup, bentuk bertahannya).
- 3]. Komponen penyakit, meliputi :
  - a. Infeksi ( lokal, sistemik),
  - b. Patogenesis ( ada tidaknya periode inkubasi, lama periode inkubasi),
  - c. Pembentukan luka (ukuran dan kecepatan),
  - d. Infektivitas (waktu dan jumlah sporulasi, jumlah inokulum baru),
  - e. Penyebaran (gradien infeksi dalam populasi inang),
  - f. Perbanyakkan (panjang daur infeksi, daya tahan, jumlah generasi per musim).

Semakin baik kita memahami subkomponen setiap epidemi maka akan semakin meningkat kemampuan kita untuk menduga pola setiap individu epidemi dan untuk

mengendalikan pada tingkat yang paling baik dari epidemi dengan metode pengendalian yang lebih efisien dan lebih dapat diandalkan.

**Gambar :**  
Kurve pertumbuhan epidemi bentuk SIGMOID yang terbagi dalam tiga fase, yaitu: lag, logaritmik, dan stationer. Kurve ini terbentuk dari siklus patogen, infeksi, inkubasi dan pelepasan spora



Pada awal pertumbuhan epidemi, kurvenya menunjukkan fase yang lambat untuk beradaptasi (*fase 1 lag*), bila periode inkubasinya lama dan kondisi infeksi tidak sesuai, perkembangan selanjutnya akan semakin lambat atau terhenti. Jika kondisi lingkungan atau atribut penentu mendukung, penyakit akan berkembang dengan cepat (*fase 2 logaritmik*) dan jika atribut penentu terus mendukung akan terjadi ledakan seperti halnya bom waktu. Akhirnya dengan tidak sesuainya lingkungan atau terjadinya kemasakan tanaman atau dua-duanya, serangan patogen akan menurun kecepataannya atau tidak berkembang (*fase 3 stationer = mendatar*). Pada fase logaritmik inilah petani menjadi panik memikirkan masa depan tanamannya. Bila pertumbuhan penyakit diplot terhadap waktu, maka akan menunjukkan kurve sigmoid, seperti gambar berikut.

Dalam infeksi terdiri dari tahapan sejak perkecambahan inokulum sampai berhasilnya (mapannya) hubungan patogen dan inang. Perkecambahan spora jamur sebagai inokulum biasanya terjadi apabila ada air bebas. Dengan terserapnya air, spora mengembang dan memacu reaksi rantai biokimia. Dari spora ini akan muncul suatu tabung kecambah dengan ukuran lebih panjang dari separuh lebar spora. Untuk terjadinya perkecambahan maksimum maka diperlukan adanya suhu dan kelembaban ideal dan akan merata bila berada dalam suhu yang rendah atau tinggi. Umumnya spora jamur patogen berkecambah pada suhu 25°C, tetapi hal ini tergantung jenis patogen dan tipe sporanya. Beberapa spora tahan, misalnya : klamidospora, oospora, teliospora memerlukan perlakuan seperti pemanasan untuk perkecambahan. Waktu yang dibutuhkan untuk berkecambah bervariasi mulai kurang dari 45 menit sampai beberapa hari.

Perkembangan infeksi jamur secara singkat tertera dalam tabel berikut:

FASE PROSES	TAHAPAN PROSES	
PRAPENETRASI	1. Inokulasi / penularan : terjadi kontak dengan tanaman inang 2. Perkecambahan inokulum / spora 3. Pertumbuhan buluh kecambah 4. Pembentukan apresorium 5. Pembentukan tabung penetrasi	
PENETRASI	6. Penetrasi / masuk ke tubuh inang 7. Pembentukan houstoria / alat absorbs	
PASKA PENETRASI (INFEKSI)	8. Infeksi (mulai memanfaatkan hara dan mengganggu inang) 9. Kolonisasi 10. Gejala awal tampak 11. Invasi dan pembentukan inokulum	
	12a Penyebaran inokulum	12b. Bertahan pada inang alternatif atau pertahanan lain
	13. Mengulang inokulasi (1) atau kesasar dan mati	
Keterangan : Tahap 1 sampai 10 disebut periode inkubasi penyakit ; tahap 1 sampai 11 disebut waktu generasi. Mulai memanfaatkan hara pada tahap 8 merupakan tahap infeksi dan mulai tahap 9 infeksi dikatakan mapan (establis)		

Suatu patogen yang cepat memperbanyak diri untuk membangun suatu epidemi mempunyai adaptasi yang luas terhadap faktor fisik, misalnya suhu dan mempunyai waktu penggantian generasi yang pendek, serta sporulasi dan infeksi yang tinggi. Kebanyakan patogen tular udara (*air borne*) yang dapat menyebabkan penyakit seperti blas pada padi, karat pada sereal, karat kopi, *downy mildew* mempunyai satu atau lebih 'atribut' yang memungkinkan cepatnya penyakit meluas. Dalam kondisi ideal, kecepatan perkembangan penyakit tinggi yang menjamin cepatnya pertumbuhan epidemi. Sebaliknya, beberapa penyakit layu, busuk akar, dan penyakit yang disebabkan oleh patogen-patogen tular tanah (*soil borne*) mempunyai periode inkubasi yang panjang, rasio infeksi yang rendah, membutuhkan periode waktu lama untuk mencapai tingkat epidemi. Oleh karena itu terdapat dua macam epidemi, yaitu : epidemi yang disebabkan oleh patogen yang mempunyai angka kelahiran tinggi (*high birth rate epidemic*) dan epidemi yang disebabkan oleh patogen yang mempunyai angka kelahiran rendah (*low birth rate epidemic*)

Pada patogen yang mempunyai angka kelahiran tinggi mengandalkan kemampuan atau kecepatan menghasilkan inokulum, sehingga dari segi epidemiologi patogen ini disebut patogen berstrategi *r* (rate = kecepatan). Pada patogen yang mempunyai angka kelahiran rendah mengandalkan kemampuan atau kapasitas inokulum menimbulkan penyakit, sehingga dari segi epidemiologi patogen ini disebut patogen berstrategi *c* (capacity = kapasitas).

**Tabel : perbedaan strategi patogen dalam epidemi**

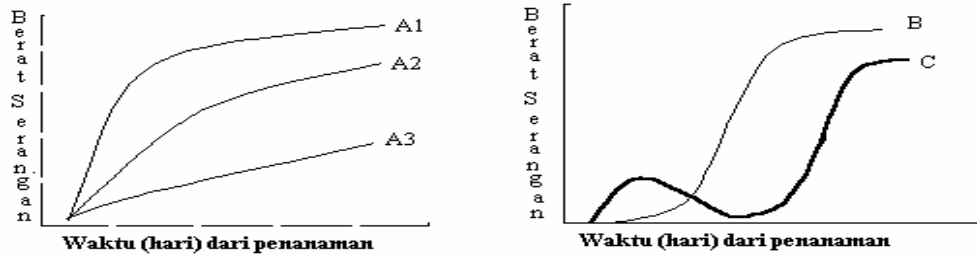
<i>HIGH BIRTH RATE EPIDEMIC</i>	<i>LOW BIRTH RATE EPIDEMIC</i>
➤ Produksi inokulum tinggi	○ Produksi inokulum rendah
➤ Biasanya menimbulkan gejala lokal	○ Biasanya menimbulkan gejala sistemik
➤ Potensi / efisiensi inokulum rendah atau kapasitas menimbulkan penyakit rendah	○ Potensi / efisiensi inokulum rendah atau kapasitas menimbulkan penyakit tinggi
➤ Periode inkubasi penyakit pendek, sehingga epidemi berat cepat terjadi	○ Periode inkubasi penyakit pendek, sehingga epidemi berat lambat terjadi
➤ Biasanya penyebarannya cepat dan meluas sehingga pertanaman di sekitar perlu dilindungi dengan pencegahan	○ Biasanya penyebarannya lambat, sehingga pengendalian dengan sanitasi lebih dianjurkan
➤ Viabilitas (ketahanan terhadap pengaruh luar) rendah	○ Viabilitas (ketahanan terhadap pengaruh luar) tinggi
➤ Mempunyai periode laten (waktu dari infeksi sampai pembentukan inokulum) rendah	○ Mempunyai periode laten (waktu dari infeksi sampai pembentukan inokulum) panjang

Inokulum atau penular patogen dapat berupa bagian tubuh vegetatif patogen, individu patogen itu sendiri, bagian tanaman yang mengandung patogen, dan spora yang dihasilkan. Tubuh vegetatif patogen dan individu patogen terbentuk karena hasil pertumbuhan patogen itu sendiri. Bagian tanaman yang mengandung patogen terbentuk karena perkembangan penyakit pada bagian tersebut, sedangkan spora terbentuk karena perkembangan patogen pada tahap sporulasi.

Sporulasi merupakan proses pembentukan spora patogen, yang dapat terjadi secara seksual maupun aseksual. Setelah tahapan perkembangan penyakit sampai pada timbulnya gejala penyakit, biasanya diperlukan rangsangan fisiologi tertentu untuk memacu pembentukan spora, misalnya : *Alternaria solani* membutuhkan penyinaran beberapa menit untuk memacu pembentukan sporofor dan tanpa sinar sporofor tidak terbentuk. Setelah terbentuk sporofor, maka akan meneruskan pertumbuhannya, baik dalam gelap maupun terang untuk membentuk spora.

Interaksi unsur-unsur yang membentuk epidemi dinyatakan dalam pola dan kecepatan epidemi. Pola epidemi diukur dari segi kuantitas luka, kuantitas jaringan sakit, atau kuantitas tanaman sakit. Setelah beberapa waktu kuantitas ukuran tersebut dapat digambarkan dalam bentuk kurve yang menunjukkan perkembangan epidemi. Kurve tersebut disebut 'kurve perkembangan penyakit' (*disease progress curve*) atau kurve tingkatan penyakit (*disease gradient curve*). Titik asal dan bentuk kurve perkembangan penyakit akan memberi informasi tentang peranan waktu dan jumlah

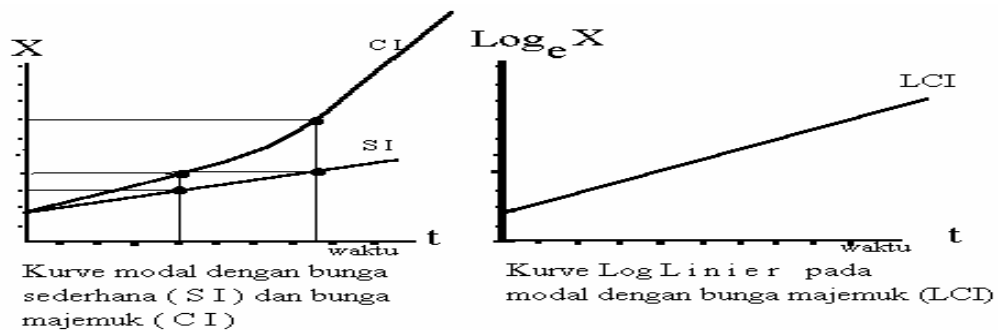
inokulum, perubahan kerentanan inang selama periode pertumbuhan, keadaan cuaca yang berulang dan efektivitas tindakan kultur teknis dan pengendalian.



Gambar. Skema kurve perkembangan penyakit dari beberapa pola dasar epidemik. (A) Tiga penyakit monosiklik yang berbeda kecepatan epideminya. (B) Penyakit polisiklik. (C) Penyakit polisiklik bimodal.

Kurve perkembangan penyakit, karena dipengaruhi oleh cuaca, varietas dan lain sebagainya, maka kadang-kadang menjadi bervariasi dalam tempat (ruang) dan waktu, tetapi pada umumnya kurve tersebut mempunyai ciri-ciri tertentu untuk beberapa kelompok penyakit. Sebagai contoh, kurve yang bertipe kejenuhan (saturation-type) mencirikan penyakit monosiklik, kurve sigmoid mencirikan penyakit polisiklik dan kurve bimodal mencirikan penyakit yang dipengaruhi organ-organ yang berbeda (flust, bunga, buah) dari tanaman (lihat kurve perkembangan)

Dari data yang terkumpul pada berbagai interval waktu yang digunakan untuk memplot kurve perkembangan penyakit, akan dapat diperoleh kecepatan epidemi penyakit, yaitu : kuantitas tingkatan penyakit per unit waktu. Kurve ini akan berbeda-beda untuk penyakit yang berbeda.



Gambar. Skema kurve model perkembangan penyakit

Untuk perbandingan epidemi yang lebih baik dari penyakit yang sama pada waktu yang berbeda, tempat berbeda atau di bawah tindakan pengelolaan yang berbeda,

atau untuk membandingkan penyakit yang berbeda, maka kurve pola perkembangannya sering ditransformasi secara matematik ke bentuk garis lurus, sehingga kecepatan epidemi dapat tergambar pada kemiringan garis yang dapat digunakan untuk menghitung kecepatan epidemi (lihat kurve model).

Untuk patogen monosiklik, biasanya kecepatan diberi tanda  $r_m$  dan dapat dihitung dari kurve perkembangan penyakit yang telah ditransformasikan, jika jumlah inokulum awalnya diketahui. Kuantitas akhir penyakit sebanding dengan jumlah inokulum awal dan waktu selama patogen dan inang mengadakan kontak. Seperti yang telah dinyatakan sebelumnya, pada penyakit monosiklik, jumlah inokulum tidak meningkat selama musim tanam. Oleh karena itu, pada penyakit tersebut kecepatan peningkatan hanya dipengaruhi oleh kemampuan yang dimiliki patogen untuk menimbulkan penyakit dan oleh kemampuan faktor lingkungan, ketahanan inang, dan cara bercocok tanam yang mempengaruhi virulensi patogen.

Sebaliknya walaupun inokulum awal sangat penting untuk penyakit yang disebabkan oleh patogen polisiklik, tetapi peranannya relatif kurang penting dibanding dengan jumlah daur penyakit, dalam akhir penyakit. Kecepatan epidemi biasanya diberi tanda  $r$ , dapat ditentukan dari kemiringan garis kurve perkembangan penyakit. Patogen yang mempunyai banyak daur hidup juga mempunyai sejumlah kesempatan untuk berinteraksi dengan inangnya. Selanjutnya beberapa faktor yang disebutkan di atas, kemampuan yang dimiliki patogen untuk menimbulkan penyakit, faktor lingkungan, ketahanan inang dan cara kultur, mempunyai kesempatan untuk mempengaruhi penyebaran, penetrasi, reproduksi, ukuran luka, kecepatan pembentukan luka, kecepatan dan jumlah sporulasi selama musim tanam yang sama. Peningkatan secara terus-menerus atau kadang-kadang naik turunnya jumlah inokulum dan penyakit mungkin menghasilkan kecepatan infeksi yang sangat beragam untuk setiap interval waktu yang pendek selama musim tanam, dan kecepatan penyakit ( $r$ ) dapat bervariasi untuk selama musim tersebut. Secara umum, kecepatan penyakit untuk penyakit polisiklik jauh lebih besar dibanding dengan peningkatan kecepatan penyakit ( $r_m$ ) untuk penyakit monosiklik. Sebagai contoh, nilai  $r_m$  untuk layu *Verticillium* pada kapas = 0,02 fraksi per hari dan 1,6 fraksi per tahun untuk busuk akar *Phymatotrichum* pada kapas, sedangkan untuk late blight pada kentang sebesar 0,3 sampai dengan 0,5 fraksi per hari dan untuk karat gandum 0,3 sampai dengan 0,6 fraksi per hari.

Disamping penyakit monosiklik dan polisiklik juga ada penyakit yang disebabkan oleh patogen polietik. Patogen polietik berada lebih dari satu tahun pada tanaman yang diinfeksi sebelum patogen tersebut dapat menghasilkan inokulum secara efektif. Sebagai contoh beberapa jenis jamur penyebab layu, penyakit karena virus dan

mikoplasma pada pepohonan. Karena sifat inangnya berupa tanaman tahunan, penyakit polietik pada dasarnya memperlihatkan sifat sebagai penyakit polisiklik dengan nilai  $r$  yang lebih rendah. Hal tersebut terjadi karena jumlah tanaman sakit dan jumlah inokulum pada awal tahun hampir sama banyaknya dengan pada akhir tahun sebelumnya dan keduanya (tanaman dan inokulum) meningkat secara eksponensial setelah bertahun-tahun, menimbulkan epidemi yang lebih lambat tetapi sama ganasnya dengan patogen polietik. Beberapa epidemi polietik yang diketahui dengan baik adalah blight pada chesnut ( $r = 1,2$  unit/tahun), penyakit dutch elm ( $r = 0,8$  unit/tahun), penyakit Panama (layu *Fusarium*) pada pisang ( $r = 0,51$  unit/tahun), virus *Tristteza* pada jeruk ( $r = 0,3$  sampai dengan  $1,2$  unit/tahun), dan nekrotis floem Elm oleh mikoplasma ( $r = 0,6$  unit/tahun)

### 3.3. Perkembangan Epidemi

Suatu penyakit untuk dapat menjadi penting, dalam arti dapat menyebar pada areal yang luas dan berkembang menjadi epidemi yang hebat, maka harus terjadi kombinasi faktor-faktor lingkungan yang tepat dan penyebaran secara berulang-ulang dan dengan frekuensi tinggi ke areal yang lebih luas. Epidemi membutuhkan daur penyakit yang berulang-ulang sebelum patogen menghasilkan inokulum yang cukup untuk dapat menyebabkan penyakit yang merusak secara ekonomis pada lahan tersebut. Jika pada lahan yang bersangkutan telah tersedia populasi patogen yang besar, maka patogen tersebut akan menyebar ke lahan lain dan menyerang tanaman inang yang ada, sehingga dapat menimbulkan kerugian yang hebat dalam waktu pendek.

Epidemi penyakit tanaman dapat terjadi dalam satu rumah kaca atau lahan yang kecil, tetapi umumnya epidemi menyangkut perkembangan dan penyebaran patogen yang cepat pada suatu jenis tanaman yang dibudidayakan pada areal yang luas, seperti perkebunan, hamparan pertanaman padi di pantura Jawa, suatu bagian negara (dati 2, dati 1, pulau), atau keseluruhan negara bahkan meliputi sebagian benua. Ada tiga komponen utama epidemi penyakit tanaman, yaitu [1] areal luas yang ditanam dengan satu jenis tanaman yang hampir seragam genetiknya dan lahannya saling berdekatan, [2] terdapatnya atau timbulnya patogen virulen pada beberapa titik di antara atau dekat tanaman inang yang diusahakan, dan [3] terjadi kombinasi faktor-faktor lingkungan yang mendukung perkembangan penyakit. Epidemi hanya berkembang apabila terjadi kombinasi dan perkembangan yang mendukung dari banyak faktor lingkungan yang bertepatan dengan tingkat kerentanan tumbuhan dan dengan reproduksi, penyebaran, inokulasi, penetrasi, dan infeksi patogen.

Untuk berkembangnya epidemi, sejumlah inokulum awal atau inokulum primer patogen harus terbawa oleh agen penyebar, misalnya angin atau vektor ke beberapa tanaman segera setelah tumbuhan tersebut rentan terhadap patogen. Kelembaban dan

suhu harus pada kondisi terbaik untuk terjadinya perkecambahan dan infeksi. Setelah infeksi terjadi, kondisi harus menguntungkan untuk pertumbuhan dan reproduksi patogen dengan cepat (periode inkubasi gejala pendek, daur penyakit pendek), sehingga menghasilkan spora atau inokulum secepat mungkin. Cuaca (hujan, kabut, embun) harus mendukung dan berlangsung cukup lama untuk dapat dihasilkan inokulum yang berlimpah. Angin dengan kelembaban dan kecepatan yang sesuai, yang berhembus ke arah tanaman rentan mampu mengambil inokulum dan membawanya ke tanaman lain yang rentan.

Sebagian besar epidemi penyakit tanaman efektif menyebar dari selatan ke utara pada belahan bumi bagian utara dan dari utara ke selatan pada belahan bumi bagian selatan. Cuaca dan musim tanam juga bergerak dalam arah yang sama, sehingga patogen secara terus-menerus mendapatkan tanaman inang pada tingkat yang rentan sejalan dengan perubahan musim.

Namun demikian, pada setiap lokasi baru, keadaan kelembaban, suhu dan angin atau vektor yang sama harus terjadi berulang kali, sehingga infeksi, reproduksi, dan penyebaran patogen yang baru juga dapat terjadi secepat mungkin. Kondisi tersebut harus terjadi berulang-ulang dalam setiap lokasi sehingga patogen dapat berkembang biak, meningkatkan jumlah infeksi yang terjadi pada tanaman inang. Infeksi yang terjadi berulang-ulang tersebut biasanya mengakibatkan kerusakan pada hampir setiap individu tanaman dalam areal epidemi, walaupun keseragaman tanaman dan ukuran areal yang diusahakan, bersama dengan cuaca yang menguntungkan akan menentukan akhir penyebaran epidemi.

Sering kombinasi keadaan-keadaan yang menguntungkan bagi perkembangan penyakit tidak terjadi dalam areal yang luas. Epidemi dengan skala kecil, pada suatu tanaman, menghancurkan areal atau hamparan yang cukup luas sering terjadi. Pada beberapa jenis penyakit, misalnya hawar (*late blight*) pada kentang, kudis apel, karat padi-padian biasanya dalam keadaan lingkungan menguntungkan, maka epidemi penyakit akan terjadi jika tidak dilakukan tindakan pengendalian. Oleh karena itu tindakan pengendalian terhadapnya yang dilakukan untuk setiap musim ditujukan untuk menghindari terjadinya epidemik.

### 3. 4. Ukuran keparahan penyakit

Ketika mengukur penyakit, seorang dapat tertarik mengukur hal-hal sebagai berikut:

- 1]. Terjadinya penyakit (*disease incidence*= *insiden penyakit*) atau luas penyakit (= *luas serangan*) atau persen penyakit (= *persen serangan*), yaitu berdasarkan kuantitas tanaman atau bagian tanaman yang sakit dibandingkan dengan kuantitas total, misalnya : daun, batang, cabang, atau buah yang memperlihatkan gejala.

- 2]. Berat atau intensitas penyakit (*disease severiry*), yaitu berdasarkan kuantitas tanaman atau bagian (jaringan) tanaman sakit yang diprediksi proporsional terhadap kehilangan hasil.
- 3]. Kehilangan hasil (*yield loss*) yang diakibatkan oleh penyakit, yaitu : bagian yang tidak dapat dipanen karena kerusakan penyakit secara langsung atau mencegah tanaman untuk berproduksi.

Mengukur terjadinya penyakit relatif cepat dan mudah. Pengukuran tersebut juga merupakan salah satu cara yang sangat sering digunakan dalam mempelajari epidemiologi untuk mengukur penyebaran penyakit pada satu kebun, areal, daerah, atau negeri. Pada beberapa kasus, seperti penyakit gosong pada padi-padian, busuk leher (*neck blast*) pada padi, busuk coklat pada buah batu, dan layu vaskular pada tanaman semusim, terjadinya penyakit mempunyai hubungan langsung dengan berat penyakit dan kehilangan hasil.

Banyak jenis penyakit lain, seperti sebagian besar bercak daun, luka akar dan karat, tanaman yang dihitung sebagai tanaman sakit adalah tanaman yang memperlihatkan luka tunggal ataupun ratusan luka, terjadinya penyakit mungkin hanya mempunyai hubungan kecil dengan berat penyakit maupun dengan kehilangan hasil. Walaupun berat penyakit dan kehilangan hasil jauh lebih penting bagi petani dibanding dengan terjadinya penyakit, tetapi mengukurnya jauh lebih sulit dan dalam beberapa kasus tidak mungkin dilakukan hingga tingkat lanjut perkembangan epidemi. Berat penyakit biasanya digambarkan sebagai persentase atau proporsi volume tanaman atau bagian tanaman. Lebih sering digunakan skala atau skoring untuk menggambarkan bagian relatif jaringan yang dipengaruhi pada waktu tertentu.

Untuk menaksir kerugian uang (*loss*) yang diamati adalah kerugian hasil (*damage*) pertanaman, dengan pengertian bahwa pengamatan kerusakan (*injury*) pada waktu tanaman masih tumbuh di lahan untuk menaksir pertanaman setelah diambil hasilnya. Untuk menaksir (estimasi) kerugian uang terdapat banyak faktor yang mempengaruhinya. Faktor tersebut antara lain : hasil maksimum secara teori, kerugian secara teori, kerugian yang tidak dapat dihindarkan, kerugian yang dapat dihindarkan dengan pengendalian, pengendalian yang tidak menguntungkan, pengendalian yang menguntungkan, hasil ekonomis, dan keuntungan yang didapat. Kehilangan hasil akibat penyakit diukur pada tingkat pertumbuhan tertentu atau dari urutan penaksiran penyakit pada beberapa tingkat pertumbuhan tanaman atau dengan mengukur daerah di bawah kurve perkembangan penyakit.

Kehilangan hasil hampir selalu berkorelasi positif dengan kerugian ekonomi (*economic loss*) akibat penyakit. Kerugian ekonomi terjadi apabila penerimaan ekonomi tanaman menurun baik karena penurunan hasil atau karena biaya pengendalian yang dilakukan untuk menurunkan kerusakan tanaman atau keduanya. Dalam pengelolaan penyakit tanaman, petani dapat membenarkan tindakan pengendalian penyakit hanya apabila peningkatan biaya pengendalian sekurang-kurangnya sama dengan peningkatan penerimaan kembali hasil tanaman dari pengendalian yang dilakukan. Tingkat penyakit, yaitu : jumlah kerusakan tanaman, dimana peningkatan biaya pengendalian seimbang dengan peningkatan penerimaan kembali dari tanaman disebut ambang ekonomi (*economic threshold*) penyakit. Ambang ekonomi suatu sistem tanaman-patogen bervariasi dengan tingkat toleransi (ambang kerusakan = *damage threshold*) tanaman, yang tergantung kepada tingkat pertumbuhan tanaman saat diserang, tindakan pengelolaan penyakit, lingkungan, perubahan virulensi patogen dan tindakan-tindakan pengendalian lain. Ambang ekonomi juga bervariasi dengan perubahan harga komoditi dan biaya pengendalian.

Ada dua macam kerugian yang sering dialami, yaitu : kerugian potensial dan kerugian aktual. Kerugian potensial adalah kerugian yang diakibatkan karena tidak dilakukan pengendalian penyakit, sedangkan kerugian aktual adalah kerugian yang dikaitkan dengan pertanaman, lingkungan dan masyarakat. Kerugian aktual terdiri dari kerugian langsung dan tidak langsung. Kerugian langsung terdiri dari kerugian primer dan sekunder. Kerugian langsung merupakan kerugian pada petani (produsen) secara kuantitatif, kualitatif dan legislatif. Kerugian tidak langsung merupakan kerugian yang diderita oleh lingkungan dan masyarakat, misalnya tanaman yang sakit pada tunasnya maka tanaman yang bersangkutan harus dapat menggantinya yang baru. Penggantian tunas tersebut berarti membutuhkan energi yang kalau hal ini tidak terjadi maka energinya dapat digunakan oleh lingkungan tanaman tersebut, serta dari sudut pandang masyarakat manusia, energi adalah uang. Selain itu, jika terjadi berkali-kali maka tanaman akan menjadi lemah dan mudah menderita karena faktor-faktor lingkungan lainnya. Kerugian primer adalah kerugian akibat langsung dari penyakit, sedangkan kerugian sekunder adalah kerugian menurunnya kapasitas produksi lahan pada musim yang akan datang.

Uang dihitung dalam suatu unit mata uang, binatang hama dihitung dalam bentuk individu atau ekor. Namun demikian, untuk menghitung dan mengukur penyakit tidak semudah seperti menghitung uang atau hama.

Penyakit merupakan proses interaksi antara unsur-unsur timbulnya penyakit. Oleh karena itu mengukur penyakit sama dengan mengukur prosesnya. Proses penyakit

merupakan gabungan antar proses biologi, kimia dan fisika. Dengan demikian penyakit tidak dapat diukur langsung dari prosesnya. Biasanya penyakit diukur dari komponen unsur-unsurnya (patogen, tanaman, lingkungan, waktu) atau hasil interaksi berbagai unsur yang terukur (gejala, injury atau kerusakannya). Pada kasus-kasus tertentu penyakit dapat dihitung dengan cara menghitung jumlah 'luka', jumlah spora, atau mungkin jumlah tanaman sakit.

Dalam menghitung jumlah uang, biasanya kita menggunakan satuan sebagaimana kalau kita menghitung modal uang, kita hitung ada berapa rupiah atau dolar dan lain-lain satuan mata uang. Namun demikian perhitungan itu sendiri untuk membuat suatu perbandingan apakah yang kita hitung sama, lebih kecil atau lebih besar jika dibandingkan dengan pembanding yang kompatibel. Dengan alasan inilah yang membawa kepada perbandingan sejumlah tanaman atau bagian tanaman sakit yang disebut sebagai fraksi terhadap jumlah seluruh tanaman. Pada waktu menghitung, fraksi tersebut biasanya diberi simbol X, dengan nilai 0 (nol) sampai dengan 1 (satu). Dalam praktek pengukuran penyakit, fraksi dapat berarti tingkat kejadian penyakit (*disease incidence*) atau intensitas penyakit (*disease intensity*) dan berat serangan atau berat penyakit (*disease severity*) yang menggunakan unit fraksi atau persen. Selain ketiga istilah tersebut, masih banyak istilah-istilah dan simbol lain yang dipergunakan untuk memberi unit satuan kejadian penyakit maupun berat serangan, misalnya indek infeksi (Mc\_Kinney, 1923), persentase penyakit (Townsend & Heuberger, 1943), proporsi penyakit (modifikasi dari Mc\_Kinney, Townsend & Heuberger). Namun demikian perlu diketahui bahwa jika dasar pengukurannya adalah menghitung langsung tanpa memberi bobot keparahan dikelompokkan dalam kejadian penyakit, sedangkan pengukuran dengan memberi bobot keparahan dikelompokkan dalam berat penyakit. Dalam perhitungan epidemiologi, semuanya diberi simbol X.

Mengukur terjadinya penyakit relatif cepat dan mudah, tetapi jarang mempunyai hubungan langsung dengan kerugian hasil yang jauh lebih penting untuk diketahui petani. Hal tersebut disebabkan karena berat penyakit lebih rumit dan sulit pengukurannya. Oleh karena sebelum mengukur kejadian penyakit perlu dipertimbangkan apakah tujuan pengukuran ada hubungannya dengan kerugian hasil atau tidak, agar hasil keputusan yang diperoleh dari data pengukuran tidak bias.

Metode penentuan kejadian penyakit (DI) didasarkan pada perbandingan antara jumlah tanaman yang sakit atau jumlah bagian tanaman yang sakit dengan jumlah tanaman seluruhnya atau jumlah bagian tanaman seluruhnya. Sebagai contoh, jika ada 100 tanaman dan 25 tanaman diantaranya menunjukkan gejala sakit keriting, maka DI

keriting = 0,25. Contoh lain, dalam pertanaman mangga terdapat 250 buah, 50 buah diantaranya busuk, maka DI buah busuk = 0,2.

Metode penentuan berat penyakit atau keparahan penyakit atau berat serangan sulit dibuat secara umum untuk semua jenis penyakit, karena banyaknya faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor tersebut antara lain : jenis tanaman yang sakit, bagian tanaman yang sakit, pertumbuhan dan perkembangan tanaman, waktu serangan, patogen yang menyerang, cara serangannya, lingkungan dan masih banyak lagi. Pada prinsipnya hanya ada dua macam metode pokok, yaitu metode penentuan langsung dan metode penentuan tidak langsung. Metode penentuan langsung didasarkan pada pengukuran kuantitas, sedangkan metode penentuan tidak langsung didasarkan dengan cara membuat skoring.

#### 4a. Pengukuran Langsung

Pengukuran kuantitas dapat dilakukan dengan cara menghitung jumlah, mengukur volume, luas, panjang, lebar, atau menimbang beratnya. Untuk menentukan keparahan penyakit atau berat serangan (X) digunakan rumus  $X = \frac{Ks}{Kt}$  dengan arti lambang : Ks = kuantitas bagian terserang dan Kt = kuantitas total bagian. Nilai X atau keparahan penyakit atau lebih terkenal dengan berat serangan, merupakan hasil perbandingan kuantitas yang sakit dengan kuantitas total, sehingga besarnya akan hanya berkisar pada angka nol sampai satu. Nol jika tidak sakit dan satu jika kuantitas yang sakit sama dengan kuantitas total atau seluruhnya sakit.

Kuantifikasi penyakit tanaman menggunakan pengukuran langsung hanya akan kompatibel jika gejalanya bersifat sistemik atau gejala lokal berukuran seragam atau gejala lokal yang bersifat sistemik. Gejala sistemik dikuantifikasi dengan menghitung jumlah tanaman sakit dibandingkan dengan jumlah keseluruhan tanaman. Gejala lokal berukuran seragam dikuantifikasi dengan menghitung jumlah gejala lokal dibandingkan dengan jumlah maksimum gejala lokal pada bagian tanaman yang bersangkutan, sedangkan gejala lokal yang bersifat sistemik dikuantifikasi dengan menghitung jumlah bagian tanaman yang bergejala dibanding dengan seluruh bagian tanaman.

Penyakit-penyakit bergejala sistemik atau dikuantifikasi secara sistemik, misalnya: penyakit sapu, penyakit kerdil, penyakit bulai, penyakit menguning. Penyakit-penyakit bergejala lokal yang bersifat sistemik, misalnya : dumping-off, busuk kaki atau busuk pangkal batang, penyakit busuk tangkai malai, penyakit die-back dan gugur buah.

Beberapa contoh menghitung proporsi penyakit disampaikan sebagai berikut :

- 1). Satu petak pertanaman kacang tanah terdapat 120 rumpun, 9 rumpun diantaranya bergejala sapu (*witches broom*), maka proporsi penyakit sapu dalam petak tersebut =  $9/120 = 0,075$  fraksi
- 2). Pada petak pertanaman cabe terdapat 20 tanaman. Tiga tanaman diantaranya, ujung-ujung rantingnya menderita antraknose, berurut-turut sebesar 3 dari 12 ranting, 5 dari 15 ranting dan 4 dari 10 ranting. Proporsi penyakit pada setiap tanaman sakit tersebut berturut-turut adalah 0,25, 0,33 dan 0,4 fraksi. Rata-rata proporsi penyakit pada tanaman sakit =  $(0,25 + 0,33 + 0,4) / 3 = 0,33$ . Rata-rata proporsi penyakit pada petak pertanaman =  $(0,25 + 0,33 + 0,4) / (3 \times 20) = 0,016$  fraksi
- 3). Pada penyakit karat tanaman gandum oleh *Puccinia tritici* pada tanaman I terdapat 36 bercak karat pada batang, pada tanaman kedua terdapat 12 bercak dan pada tanaman ketiga ada 25 bercak. Bercak maksimum yang mengakibatkan kematian batang atau yang telah memenuhi permukaan batang adalah 800 bercak karat. Proporsi penyakit pada tanaman I, II dan III berturut-turut adalah 36/800, 12/800 dan 25/800 fraksi atau 0,045 fraksi, 0,015 fraksi dan 0,031 fraksi . Rata-rata proporsi penyakit pada ketiga tanaman sakit tersebut adalah 0,0304 (dari  $0,045+0,015+0,031$  dibagi tiga)

#### **4b. Pengukuran tidak langsung (Skoring)**

Penentuan skoring merupakan teknik mengurutkan tingkatan penyakit dalam bentuk gradiasi (menaik atau menurun). Teknik gradiasi untuk menentukan skor sangat penting artinya bagi pengamat dan peneliti epidemi penyakit tanaman. Penentuan skoring biasanya didasari oleh karena ketidak puasan atribut tingkat penyakit yang kurang kuantitatif, misalnya :: parah, sedang, dan sehat atau yang hanya memberikan atribut sangat merugikan, merugikan, dan kurang merugikan, dan sejenisnya.

Dalam membuat skor harus mengasumsikan bahwa kejadian penyakit bersifat kontinyu dan nyata, misalnya perkembangan warna bercak dari hijau, kuning sampai coklat atau hitam, perkembangan luas luka dari titik sampai seluas organ tanaman, perkembangan jumlah dari nol sampai banyak yang terhitung. Oleh karena itu harus secara jelas kriteria apa yang bersifat kontinyu pada kasus penyakit tertentu dan kriteria-kriteria lain yang tidak berhubungan tidak dapat dimasukkan dalam skor yang sama.

Selain bersifat kontinyu nyata, skor harus mempunyai validitas, artinya : skor tersebut harus benar-benar mengukur apa yang dikehendaki untuk diukur, dalam hal ini adalah benar-benar mengukur tingkatan keparahan penyakit. Oleh karena itu, untuk menyusun skor yang valid diperlukan keahlian tentang pertumbuhan tanaman tertentu dan tentang perkembangan penyakit tertentu.

Cara menentukan skor, perlu ditentukan dulu titik awal dan titik akhirnya dengan angka mutlak yang bersifat kontinyu, misalnya: titik awal angka nol dan titik akhir angka sepuluh. Titik-titik tersebut dideskripsi kriterianya yang juga bersifat kontinyu, misalnya untuk penyakit bercak : kriteria nol adalah bahwa pertanaman tidak menunjukkan gejala bercak sama sekali dan pertumbuhan tanaman sesuai dengan fasenya sedangkan kriteria sepuluh adalah bahwa seluruh daun sudah tidak ada warna hijau. Kata pertumbuhan tanaman sesuai dengan fasenya disesuaikan dengan kriteria fase pertumbuhan tanaman yang bersangkutan. Dari titik awal sampai titik akhir tersebut pembuat skor menilai pertanaman dengan skor diantara dua titik yang sudah ditentukan, kemudian dibuat kriterianya yang sesuai.

Untuk menentukan keparahan penyakit atau berat serangan (X) digunakan rumus Townsend dan Heuberger (1943) yaitu :  $X = \frac{\sum nV}{ZN}$  dengan arti simbol X = keparahan penyakit ; n = jumlah anggota sampel setiap kategori ; N = jumlah keseluruhan anggota sampel ; V = nilai numerik setiap kategori yang diamati ; dan Z = nilai numerik tertinggi (= titik akhir) pada kategori yang dibuat.

Contoh kunci skoring berikut ini, disusun beberapa peneliti maupun lembaga

**DESKRIPSI DAN NILAI SKOR PENYAKIT AKAR PUTIH** (pada karet) menurut Dirjen Perkebunan. 1992. Buku operasional pengendalian terpadu penyakit akar putih (*rigidoporus lignosus*) pada tanaman karet. Direktorat Bina Perlindungan Tanaman Perkebunan, Deptan. Jakarta. 11h dan (Setiamidjaya, H. 1993. Karet, Budidaya dan pengelolaan. Kanisius, Yogyakarta. 207. dimodifikasi oleh B. Purnomo : *ditambah skor nol dan empat*

EPIDEMI	NILAI SKOR	KRITERIA (Dirjenbun, 1992)	KRITERIA Setiamidjaya, H. 1993
Belum sakit	0	Tidak terdapat gejala layu dan juga tidak ditemukan tanda adanya rizomorf pada bagian leher akar	Tidak terdapat gejala layu dan daun-daun masih terlihat berwarna hijau segar
Tingkat I (Awal)	1	Tidak terdapat gejala layu pada daun, tetapi pada leher akar yang terbuka terdapat rizomorf menempel pada leher akar	Daun menjadi kusam, pada leher akar terdapat rizomorf berwarna putih kekuningan
Tingkat II (Kritis)	2	Pada bagian leher akar ditemukan rizomorf dan daun pada pohon yang bersangkutan berwarna kuning atau kusam serta kulit akar sebagian kecil telah membusuk	Daun layu dan mulai menguning, rizomorf mulai menembus kulit akar dan mengakibatkan pembusukan setempat pada kulit akar.
Tingkat III (Lanjut)	3	Daun pada pohon berwarna kuning atau kusam, leher akar terdapat tanda rizomorf, kulit dan kayu akar sebagian telah membusuk	Daun mengering sebagian tetap menggantung pada pohon dan sebagian lain gugur. Sebagian ranting, cabang dan perakarannya masih segar (hidup).

Mati total	4	Daun-daun gugur atau mengering dan semua kulit dan kayu akar membusuk	Hampir semua ranting dan cabang mengering. Perakaran membusuk dan tanaman mati
------------	---	---	--

**DESKRIPSI DAN NILAI SKOR PENYAKIT CAPUK DAN LAYU DAUN JAGUNG** (Carson, M.L. & Z.W. Wick, 1991. Relationship between leaf freckles and wilt severity and yield loss in closely related maize hybrids. *phytopath.* 81(1):95-98).  
modifikasi B. Purnomo: kata layu diganti klorosis.(perubahan warna)

SKOR	KRITERIA GEJALA
0	Tidak ditemukan gejala capuk maupun klorosis
1	Sedikit klorosis di sekitar titik inokulasi
2	Klorosis menyebar dan nekrosis di sekitar titik inokulasi
3	Klorosis menyebar di sekitar tulang daun
4	Klorosis dan hawar mulai dari tempat inokulasi sampai ke ujung daun
5	Klorosis dan hawar terjadi pada seluruh bagian daun yang diinokulasi
6	Klorosis dan hawar menyebar ke daun yang tidak ditulari
7	Pohon tumbuh dengan daun-daun klorosis atau layu
8	Seluruh daun pada pohon layu (mati)

**DESKRIPSI DAN NILAI SKOR PENYAKIT HAWAR DAUN KENTANG** (James, W.C., 1971. *Manual of disease assessment keys for plant diseases. Can. Dep. Agr. Publ. p: 1458*) dan (Gaunt, R.E., 1987. *Measurement of disease and pathogens dal; am Teng, P.S (eds). Crop loss assessment and pest management. APS Press, St. Paul Minn.:6-18*)

SKOR	LOSS (%)	KRITERIA (James, W.C., 1971)	KRITERIA (Gaunt, R.E., 1987)
0	0	Tidak ditemukan tanaman di lapangan yang bergejala hawar	Bercak tidak dijumpai di lapangan
1	0,1	1 atau 2 bercak dalam setiap 10 m <sup>2</sup> luas pertanaman	Ditemukan beberapa tanaman yang terserang
2	1	Lebih dari 10 bercak per tanaman dan umumnya hanya satu bercak per daun	Paling banyak 10 bercak per batang atau serangan masih ringan
3	5	Sekitar 50 bercak per tanaman dan paling tidak ada 10 daun yang mempunyai dua bercak atau lebih	Kira-kira 50 bercak per batang atau paling banyak satu dari 10 daun terserang
4	25	Hampir setiap daun dan tanaman terinfeksi, tetapi bentuk tanaman masih normal dan lahan masih kelihatan hijau	Hampir setiap daun ditemukan bercak, tetapi tanaman masih normal. Bau khas busuk daun tercium, tetapi tanaman masih tetap menghijau
5	50	Setiap tanaman terinfeksi dan sekitar separuh luas daun kecoklatan atau tidak berwarna hijau	Setiap batang telah terserang dan sekitar 50% area daun hancur. Lapangan tampak hijau dengan tolotan coklat
6	75	Hanya tinggal sekitar seperempat daun yang masih berwarna hijau dan pertanaman tampak tidak hijau lagi tetapi dominan kecoklatan.	Sekitar 75% area daun telah hancur. Lapangan sudah tidak lagi didominasi warna hijau atau coklat.
7	95	Hanya tinggal beberapa daun yang masih hijau, tetapi mayoritas batang masih berwarna hijau.	Hanya beberapa daun saja yang masih hijau, tetapi semua batang masih hijau.

8	100	Semua daun kering dan batang mati	Semua daun mati dan batang tidak berwarna hijau lagi
---	-----	-----------------------------------	--

**DESKRIPSI DAN NILAI SKOR PENYAKIT MOSAIK, KERDIL, KLOTOTIK VIRUS PADA JAGUNG** (Campbell, C.I. & L.V. Madden 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley & Sons. New York. 532p.

SKOR	KRITERIA GEJALA
0	Tidak ditemukan tanaman yang bergejala klorotik
1	Tiga daun teratas atau kurang menjadi moreng (belang klorotik), tetapi tanaman tidak kerdil
2	Daun-daun di atas tongkol moreng dan atau berubah warna, tanaman tidak kerdil, ukuran tongkol normal
3	Daun-daun di atas tongkol moreng dan atau berubah warna, tanaman sedikit kerdil, ukuran tongkol normal
4	Daun-daun di atas tongkol moreng dan atau berubah warna, tanaman kerdil, dan ukuran tongkol menyusut (lebih kecil)
5	Seluruh daun di atas tongkol dan satu atau dua daun di bawah tongkol moreng atau berubah warna, tanaman kerdil dan ukuran tongkol menyusut (lebih kecil)
6	Seluruh bagian pohon mengalami perubahan warna, tanaman kerdil dengan tongkol kecil
7	Seluruh bagian pohon mengalami perubahan warna, tanaman kerdil tidak ada tongkol dihasilkan
8	Tidak menghasilkan malai dan tanaman mati

**DESKRIPSI DAN NILAI SKOR PENYAKIT LAYU**, Dimodifikasi dari berbagai hasil skoring oleh B. Purnomo

SKOR	KRITERIA GEJALA
0	Tanaman sehat (akar, batang, cabang, ranting, daun, maupun bagian lainnya tidak ada yang menunjukkan gejala yang mengakibatkan tanaman layu)
1	Gejala penyakit tampak pada bagian tanaman di atas tanah dengan terjadinya perubahan warna daun menjadi hijau pucat, daun kusam (tidak mengkilat). Sebagian kulit akar mengelupas berwarna coklat karena busuk, tetapi kayu akar masih putih
2	Daun-daun menjadi kuning, kusam dan layu. Sebagian kayu akar sudah mulai terjadi pembusukan setempat. sehingga berwarna coklat
3	Daun kuning dan kusam, tajuk menipis. Sebagian besar berwarna coklat tetapi belum mati
4	Daun-daun mulai mengering, ada yang gugur dan ada yang tetap menggantung. Sebagian ranting dan cabang mulai mengering. Sebagian besar akar membusuk dan mati.
5	Batang, cabang, ranting, daun mengering dan tanaman mati

Contoh soal:

Di Jawa Barat terdapat 9 daerah pertanaman kentang. Pada bulan Pebruari dilakukan pengamatan penyakit terhadap seluruh daerah dengan cara mengambil sampel masing-masing daerah sebanyak 7 petak sampel. Setiap petak luasnya 10 m<sup>2</sup>. Unit fraksi pengukuran penyakit menggunakan kunci skoring yang disusun oleh W.C. James (1971). Hasil pengamatan dicatat dalam tabel berikut ini.

Tabel hasil pengamatan penyakit hawar kentang di Propinsi Jawa Barat

Nomor Petak	I	II	III	IV	V	VI	VII
DAERAH 1	0	2	1	4	1	2	0
DAERAH 2	2	3	0	1	0	1	1
DAERAH 3	3	3	2	1	4	2	4
DAERAH 4	6	4	7	3	5	5	3
DAERAH 5	4	4	5	3	3	4	3
DAERAH 6	2	0	2	1	1	3	3
DAERAH 7	3	2	0	0	1	2	2

Bambang Purnomo, MMVII. Epidemiologi Penyakit Tanaman  
TEORI PENDEKATAN EPIDEMI

DAERAH 8	1	1	1	0	1	0	2
DAERAH 9	1	2	1	1	1	2	0

Perhitungan dari contoh hasil pengamatan :  $\sum nV$  daerah 1

$$= [0 \times 2] + [1 \times 2] + [2 \times 2] + [3 \times 0] + [4 \times 1] + [5 \times 0] + [6 \times 0] + [7 \times 0] + [8 \times 0]$$

$$= 0 + 2 + 4 + 0 + 4 + 0 + 0 + 0 + 0 = 10$$

Kemudian mencari  $\sum nV$  daerah yang lainnya seperti dalam tabel berikut ini.

Numerik skor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	$\sum nV$
<b>DAERAH 1</b>	2	2	2	0	1	0	0	0	0	<b>10</b>
<b>DAERAH 2</b>	2	3	1	1	0	0	0	0	0	<b>8</b>
<b>DAERAH 3</b>	0	1	2	2	2	0	0	0	0	<b>19</b>
<b>DAERAH 4</b>	0	0	0	2	1	2	1	1	0	<b>33</b>
<b>DAERAH 5</b>	0	0	0	3	3	1	0	0	0	<b>26</b>
<b>DAERAH 6</b>	1	2	2	2	0	0	0	0	0	<b>12</b>
<b>DAERAH 7</b>	2	1	3	1	0	0	0	0	0	<b>10</b>
<b>DAERAH 8</b>	2	4	1	0	0	0	0	0	0	<b>6</b>
<b>DAERAH 9</b>	1	4	2	0	0	0	0	0	0	<b>8</b>
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>132</b>

Berat penyakit hawar kentang di propinsi Jawa Barat =  $X_{JB}$

$$X_{JB} = \sum nV / ZN = 132 / (8 \times 7 \times 9) = 0,26 \text{ fraksi}$$

Jadi rata-rata berat penyakit hawar kentang di propinsi Jawa Barat = 26%

Berat penyakit hawar kentang di masing-masing daerah =  $X_L$

$$X_{L1} = \sum nV_{L1} / ZN_{L1} = 10 / (8 \times 7) = 0,18 \text{ fraksi}$$

$$X_{L2} = \sum nV_{L2} / ZN_{L2} = 8 / (8 \times 7) = 0,14 \text{ fraksi}$$

$$X_{L3} = \sum nV_{L3} / ZN_{L3} = 19 / (8 \times 7) = 0,34 \text{ fraksi}$$

$$X_{L4} = \sum nV_{L4} / ZN_{L4} = 33 / (8 \times 7) = 0,59 \text{ fraksi}$$

$$X_{L5} = \sum nV_{L5} / ZN_{L5} = 26 / (8 \times 7) = 0,46 \text{ fraksi}$$

$$X_{L6} = \sum nV_{L6} / ZN_{L6} = 12 / (8 \times 7) = 0,21 \text{ fraksi}$$

$$X_{L7} = \sum nV_{L7} / ZN_{L7} = 10 / (8 \times 7) = 0,18 \text{ fraksi}$$

$$X_{L8} = \sum nV_{L8} / ZN_{L8} = 6 / (8 \times 7) = 0,11 \text{ fraksi}$$

$$X_{L9} = \sum nV_{L9} / ZN_{L9} = 8 / (8 \times 7) = 0,14 \text{ fraksi}$$

Kesimpulan :

1. Berat penyakit hawar kentang di propinsi Jawa Barat sebesar 26 %
2. Daerah empat mengalami serangan paling parah, yaitu sebesar 59 %
3. Daerah enam mengalami serangan teringan, yaitu sebesar 11 %.

## 9. Sumber Acuan

1. Kranz, J. (Ed.) 1974. Epidemics of Plant Diseases. Springer-Verlag. Berlin
2. Oka, I.N. 1993. Pengantar Epidemiologi Penyakit Tanaman. Gadjahmada University Press. Yogyakarta.
3. Plank, J.E.V.D. 1963. Plant Diseases : Epidemics and Control. Academic Press. New York.

4. Zadoks, J.C. & R.D. Schein. 1979. Epidemiology and Plant Disease Managemen. Oxford University press. New York.