

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai yang biasa disingkat dengan DAS dalam beberapa literatur menggunakan istilah yang berbeda dan arti yang sama, diantaranya menggunakan istilah *watershed*, *river basin*, *catchment* atau *drainage basin*. Istilah Watershed biasanya dihubungkan dengan batas aliran, sedang istilah river basin, catchment atau drainage basin dikaitkan dengan daerah aliran. Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggungan gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama (Asdak, 2014). Daerah aliran sungai merupakan suatu sistem dinamis dengan karakteristik yang spesifik dan ditentukan oleh ruang, luas, bentuk, ketercapaian dan lintasannya. Karakter tersebut sangat terkait dengan masyarakat yang bermukim di sekitar sungai.

Perspektif lain diberikan Kartodihardjo *et al.* (2004), yang menyebut secara institusi bukan menunjuk pada hak-hak terhadap sumberdaya di dalam daerah aliran sungai, batas yurisdiksi pihak-pihak yang berada dalam daerah aliran sungai maupun bentuk-bentuk aturan perwakilan yang diperlukan dalam pengambilan keputusan seputar cara-cara yang digunakan (teknologi), melainkan bagaimana para pihak mempunyai kapasitas dan kemampuan untuk mewujudkan aturan main diantara mereka, termasuk kesepakatan dalam penggunaan teknologi itu sendiri, sehingga masing-masing pihak mempunyai kepastian hubungan yang sejalan dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air menyebutkan bahwa daerah aliran sungai adalah suatu bentang lahan yang dibatasi oleh punggung bukit pemisah aliran (*topographic divide*) yang menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan melalui jaringan sungai dan bermuara di satu patusan (*single outlet*) di sungai utama menuju danau dan laut. Daerah aliran sungai merupakan ekosistem alam berupa hamparan lahan bervariasi menurut kondisi geomorfologi (geologi, topografi, dan tanah), penggunaan lahan, dan iklim yang memungkinkan terwujudnya ekosistem hidrologi yang memiliki keunikan.

Pendefinisian daerah aliran sungai dalam konsep daur hidrologi bahwa air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi dan air infiltrasi, yang kemudian akan mengalir ke sungai sebagai debit aliran (Asdak, 2014). Fungsi hidrologis yang dimaksud termasuk kapasitas daerah aliran sungai menurut Farida *et al.* (2005) untuk: (1) mengalirkan air; (2) menyangga kejadian puncak hujan; (3) melepas air secara bertahap; (4) memelihara kualitas air; dan (5) mengurangi pembuangan massa (seperti tanah longsor).

Komponen-komponen utama ekosistem daerah aliran sungai, terdiri dari manusia, hewan, vegetasi, tanah, iklim, dan air. Masing-masing komponen tersebut memiliki sifat yang khas dan keberadaannya tidak berdiri sendiri, namun berhubungan dengan komponen lainnya membentuk kesatuan sistem ekologis (ekosistem). Oleh karenanya, aktivitas yang mempengaruhi komponen daerah aliran sungai di bagian hulu akan mempengaruhi kondisi daerah aliran sungai bagian tengah dan hilir. Shamsi (2010) menyatakan bahwa batas daerah aliran sungai secara administratif hanya dapat tercakup dalam satu kabupaten hingga melintas batas provinsi dan negara. Suatu daerah aliran sungai yang sangat luas dapat terdiri dari beberapa sub daerah aliran sungai yang kemudian dapat dikelompokkan lagi menjadi bagian hulu, bagian tengah dan bagian hilir. Fungsi dari setiap sub daerah aliran sungai tersebut adalah sebagai berikut:

Pertama, daerah aliran sungai bagian hulu dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan. Daerah Aliran sungai bagian hulu dicirikan sebagai daerah dengan lanskap pegunungan dengan variasi topografi, mempunyai curah hujan yang tinggi dan sebagai daerah konservasi untuk mempertahankan kondisi lingkungan daerah aliran sungai agar tidak terdegradasi. Bagian hulu mempunyai arti penting terutama dari segi perlindungan fungsi tata air, karena itu setiap terjadinya kegiatan di daerah hulu akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit dan transport sedimen sistem aliran airnya.

Kedua, Daerah aliran sungai bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air,

kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.

Ketiga, Daerah aliran sungai bagian hilir didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah. Bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan yang relatif landai dengan curah hujan yang lebih rendah. Semakin ke hilir, mutu air, kontinuitas, kualitas dan debit akan semakin berkurang kualitasnya dibandingkan dengan bagian hulu. Hal ini terjadi karena badan air di hulu tercemari oleh kegiatan-kegiatan manusia baik domestik maupun industri, sehingga badan air di bagian hilir mengalami kondisi dan kualitas yang kurang baik. Keberadaan sektor kehutanan di daerah hulu yang terkelola dengan baik dan terjaga keberlanjutannya dengan didukung oleh prasarana dan sarana di bagian tengah akan dapat mempengaruhi fungsi dan manfaat di bagian hilir, baik untuk pertanian, kehutanan maupun untuk kebutuhan air bersih bagi masyarakat secara keseluruhan (Qiu, 2005; Intarawichian and Songkot, 2010).

A.1. Pengelolaam Daerah Aliran Sungai (DAS)

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai merupakan bagian dari manajemen sumberdaya alam, yaitu pengurusan dan pengembangan dari semua sumberdaya alam dari suatu negara dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan masa kini dan masa depan penduduknya. Manajemen daerah aliran sungai ditujukan kepada produksi dan perlindungan sumberdaya air, termasuk pengendalian erosi dan banjir, serta pemeliharaan nilai-nilai estetika perairan. Secara umum, berarti manajemen sumberdaya alam yang dapat pulih (*renewable*), seperti air, tanah, dan vegetasi dengan tujuan untuk memperbaiki, memelihara, dan melindungi keadaan daerah aliran sungai agar dapat menghasilkan hasil air (*water yield*) untuk kepentingan pertanian, kehutanan, perkebunan, peternakan, perikanan, dan masyarakat yaitu air minum, industri, irigasi, tenaga listrik, rekreasi dan lain sebagainya.

Konsepsi manajemen daerah aliran sungai didukung oleh perkembangan antara lain sebagai berikut :

- Pengetahuan manusia yang terus bertambah tentang siklus hidrologi dan peranannya.
- Pertambahan penduduk yang pesat hingga mengakibatkan tekanan terhadap kebutuhan tanah dan air.
- Meningkatnya kebutuhan air, disebabkan kemajuan teknologi dan meningkatnya taraf hidup masyarakat.
- Timbulnya masalah kekurangan air, banjir, erosi, pencemaran, dan lain-lain.

Manajemen daerah aliran sungai lebih luas daripada manajemen suatu hutan lindung, karena mencakup kawasan diluar hutan seperti perkebunan, hutan milik, padang gembalaan, pertanian, dan daerah pemukiman pedesaan (Jafari dan Narges, 2010). Menurut Manan (1995), dalam pelaksanaannya manajemen daerah aliran sungai meliputi empat tahapan, yaitu pengenalan, pemulihan (rehabilitasi), perlindungan dan perbaikan. Daerah yang sudah kritis, dengan konsentrasi tanah gundul yang luas, akan lain tindakan manajemen yang dilakukan dibandingkan dengan daerah aliran sungai yang berhutan lebat tak terganggu. Pada tahap pertama, perlu dilakukan pengenalan berupa survai telaah keterlaksanaan untuk menentukan luas, lokasi, dan derajat kekritisian daerah yang perlu dihijaukan untuk dilakukan tindakan pengawetan tanah. Sedangkan pada tahap terakhir dilakukan tahap perbaikan, meliputi usaha-usaha meningkatkan hasil air, misalnya dengan memperbesar infiltrasi air ke dalam tanah dan mengurangi intersepsi dan evapotranspirasi. Tahap pengenalan dan perlindungan tidak bertentangan dengan tujuan pemanfaatan lainnya, akan tetapi tahap pemulihan dan perbaikan seringkali memerlukan perubahan atas praktek kehutanan yang lazim berlaku.

Manan (1995) juga menjelaskan bahwa daerah aliran sungai dengan penduduk yang padat tetapi melaksanakan usaha-usaha pengawetan tanah dan air, akan merupakan suatu ekosistem yang lebih produktif dan mempunyai daya dukung lingkungan tinggi, dibandingkan sebuah daerah aliran sungai yang luas, berpenduduk jarang, tetapi mempraktekkan usaha perladangan berpindah di daerah

perbukitan, dan melahirkan padang alang-alang yang sangat luas dan tidak produktif sehingga mempunyai daya dukung lingkungan yang rendah.

Adapun maksud pengelolaan daerah aliran sungai terpadu adalah upaya koordinasikan badan-badan pemerintah dan masyarakat untuk mencapai tujuan pengelolaan terpadu daerah aliran sungai. Sedangkan tujuan pengelolaan terpadu adalah tercapainya keserasian kegiatan, kelestarian manfaat dan peningkatan daya dukung untuk kelangsungan kehidupan masyarakat dan pembangunan yang berkesinambungan. Tujuan tersebut dapat dicapai melalui sasaran sebagai berikut:

- a. Terbentuknya suatu tata ruang daerah aliran sungai yang serasi.
- b. Tercapainya perlindungan, pengawetan dan pemanfaatan alam sumber daya alam dan sumber daya buatan yang serasi.
- c. Berfungsinya tata lingkungan yang serasi dan memadai.
- d. Meningkatnya peran serta masyarakat dalam pembangunan lingkungan yang serasi dan memadai.
- e. Terlaksananya pembangunan yang serasi dan selaras.
- f. Diterapkannya teknologi tepat lingkungan.

A.2. Sumberdaya Lahan Kritis

A.2.1. Konsepsi Lahan

Definitif “lahan” merupakan suatu wilayah di permukaan bumi yang mencakup semua komponen biosfer yang dapat dianggap tetap atau bersifat siklis yang berada di atas dan di bawah wilayah tersebut, termasuk atmosfer, tanah, batuan induk, relief, hidrologi, tumbuhan dan hewan, serta segala akibat yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia (Kuhlman, *et.al*, 2006).

Lahan dikatakan sebagai suatu "sistem" (Soemarno, 2011), menjelaskan kemampuan lahan dengan mengorganisir komponen-komponen secara spesifik dan setiap komponen lahan atau sumberdaya lahan dapat diSpandang sebagai suatu subsistem tersendiri yang merupakan bagian dari sistem lahan. Selanjutnya setiap subsistem ini tersusun atas banyak bagian-bagiannya atau karakteristik-karakteristiknya yang bersifat dinamis.

Weerakoon (2014) dalam perspektif lain menjelaskan lahan dikatakan sebagai suatu ekosistem alam karena kaitannya dengan pertanian yang mempunyai komponen-komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi. Interaksi-interaksi yang berlangsung di dalam ekosistem ini menimbulkan beberapa proses kunci, seperti proses perkembangan tanah yang menggambarkan tingkat kesesuaian lahan, proses erosi dan limpasan permukaan, proses produksi tanaman dan ternak, dan proses-proses sosial-ekonomi. Beberapa faktor yang sangat penting adalah iklim, organisme, tanah, topografi, vegetasi dan kondisi sosial ekonomi (Jafari dan Narges, 2010; Pourkhabbaz, *et.al*, 2014).

Sumberdaya lahan saat ini diarahkan kepada upaya pemanfaatan lahan pertanian pada hakekatnya ditujukan untuk mendapatkan hasil-hasil dari komoditas pertanian. Aktivitas pengelolaan sumberdaya lahan dalam hal ini pada dasarnya merupakan upaya penyesuaian antara kondisi lahan yang ada dengan persyaratan bagi ko-komoditas pertanian (Pourkhabbaz, *et.al*, 2014). Kondisi lahan ini menjadi kendala yang membatasi kemampuan dan kesesuaian sumberdaya lahan terhadap persyaratan penggunaan dan pemanfaatan lahan. Secara lebih operasional, konsepsi tentang kondisi lahan ini dapat dijabarkan dalam konsepsi kualitas lahan yang dapat dievaluasi secara lebih kuantitatif dan lebih obyektif (Soemarno, 2011). Salah satu bentuk pengelolaan lahan yang terkenal adalah menggunakan lahan sebagai komponen sistem usahatani. Suatu sistem usahatani komoditas pada kenyataannya sangatlah kompleks (subsistem sumberdaya alam, dan subsistem sosial dan ekonomi), bersifat dinamis, dan senantiasa berinteraksi dengan sistem-sistem lain. Pendekatan sistemik dipersyaratkan demi keberhasilan penelaahan usahatani komoditas dalam kerangka. Melalui serangkaian analisis sistem dapat ditelaah struktur sistem dalam upaya mendapatkan struktur yang optimal, sehingga dengan mensimulasi input sistem diharapkan dapat diperoleh output yang diharapkan. Implikasi lebih lanjut ialah dimungkinkannya rekayasa agroteknologi arahan bagi setiap sistem usahatani komoditas di suatu wilayah pengembangan (Soemarno, 2011).

A.2.2. Lahan Kritis

Lahan kritis adalah lahan yang pada saat ini tidak atau kurang produktif ditinjau dari penggunaan pertanian, karena pengelolaan dan penggunaannya tidak atau kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah. Definisi lahan kritis dapat berbeda-beda menurut pandangan dari berbagai aspek yang disesuaikan dengan kepentingan masing-masing instansi, diantaranya adalah Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak), menurut FAO, dan menurut Departemen Kehutanan.

Rukmana (1995) menyatakan bahwa lahan kritis pada hakikatnya adalah lahan yang keadaan fisik, kimia dan biologi tanahnya tidak atau kurang produktif dari segi pertanian. Berdasarkan tingkat kerusakan fisik tanah, maka lahan kritis adalah lahan yang telah kehilangan lapisan tanah bagian atas (*top soil*) yang subur akibat erosi, sehingga lahan menjadi tidak produktif. Dampak lain yang dapat ditimbulkan erosi adalah rusaknya fungsi hidrologis daerah aliran sungai sehingga menimbulkan banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau, pendangkalan sungai, dan saluran air serta pencemaran lingkungan.

Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak, 1997) mendefinisikan lahan kritis sebagai lahan yang telah mengalami kerusakan fisik tanah karena berkurangnya penutupan vegetasi dan adanya gejala erosi yang akhirnya membahayakan fungsi hidrologi dan daerah lingkungannya, sedangkan menurut Departemen Kehutanan (2007) lahan kritis merupakan lahan yang telah mengalami kerusakan sehingga menyebabkan kehilangan atau berkurang fungsinya (fungsi produksi dan pengatur tata air). Menurunnya fungsi tersebut disebabkan oleh penggunaan lahan yang kurang atau tidak memperhatikan teknik konservasi tanah, sehingga menimbulkan erosi, tanah longsor, dan sebagainya yang berpengaruh terhadap kesuburan tanah, tata air dan lingkungan.

Daerah kritis merupakan suatu daerah penghasil sedimen yang tererosi berat, yang membutuhkan pengelolaan khusus untuk menetapkan dan memelihara vegetasi untuk menstabilkan kondisi tanah. Akibat adanya perbedaan dari definisi lahan kritis maka jumlah lahan yang dianggap kritis juga berbeda-beda. Selain sulitnya pengukuran dan penghitungan jumlah lahan yang tanahnya dianggap kritis sehingga

setiap instansi memiliki angka lahan kritis yang berbeda. Departemen Kehutanan menyebutkan bahwa 9,7 juta Ha untuk daerah yang dianggap kritis dengan rincian 4,1 Ha didalam kawasan hutan dan 5,6 juta Ha diluar kawasan hutan. Sedangkan Departemen Pertanian menyatakan bahwa 20 juta Ha wilayah yang dianggap sebagai lahan kritis. Berbeda halnya Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat yang menyatakan lahan kritis adalah lahan yang telah mengalami kerusakan fisik tanah karena berkurangnya penutupan vegetasi dan adanya gejala erosi atau banyaknya alur drainase yang pada akhirnya membahayakan fungsi hidrologi daerah lingkungan sekitarnya.

A.2.3. Pengelompokan Lahan Kritis

Pengelompokan lahan kritis dilakukan karena tingkat kekritisan suatu lahan masing-masing berbeda-beda. Pengelompokan lahan kritis ini dilihat dari aspek tingkat kerusakan fisik. Menurut Sitorus (1995) lahan kritis dikelompokkan menjadi: lahan potensial kritis, lahan agak kritis, lahan kritis, dan lahan sangat kritis.

1. Lahan Potensial Kritis

Lahan potensial kritis adalah lahan yang kurang produktif bila diusahakan untuk pertanian tanaman pangan atau mulai terjadi erosi ringan, akan tetapi bila pengelolaannya tidak berdasarkan pada kaidah-kaidah konservasi tanah, maka lahan dapat menjadi rusak dan cenderung akan berubah menjadi lahan agak kritis atau lahan kritis. Lahan potensial kritis mempunyai ciri sebagai berikut:

- Pada lahan belum terjadi erosi atau mulai terjadi erosi ringan. Erosi dapat terjadi terutama apabila dalam pemanfaatannya tidak disertai dengan kegiatan-kegiatan pencegahan erosi dan tindakan konservasi lainnya.
- Tanah mempunyai kedalaman efektif yang cukup dalam, lapisan atas (top soil) lebih dari 20 cm.
- Persentase penutupan tanah relatif masih tinggi (vegetasi rapat). iv. Mempunyai kemiringan lereng datar sampai berbukit.
- Tingkat kesuburan tanah rendah sampai tinggi.

2. Lahan Agak Kritis

Lahan agak kritis adalah lahan yang kurang produktif dan telah terjadi erosi namun masih dapat diusahakan untuk kegiatan pertanian dengan tingkat produksi rendah. Lahan agak kritis mempunyai ciri sebagai berikut:

- Tanah telah mengalami erosi dari tingkat permukaan sampai erosi alur (*rill erosion*) dengan produksi yang rendah.
- Tanah mempunyai kedalaman efektif yang sangat dangkal, lapisan atas (top soil) kurang dari 5 cm.
- Persentase penutupan tanah sedang.
- Kemiringan lereng umumnya lebih dari 18%.
- Tingkat kesuburan tanah rendah.

3. Lahan Kritis

Lahan kritis adalah lahan yang tidak produktif atau produktivitasnya rendah sekali, sehingga untuk dapat diusahakan sebagai lahan pertanian perlu didahului dengan usaha rehabilitasi. Lahan kritis mempunyai ciri sebagai berikut:

- Lahan telah mengalami erosi berat dengan tingkat erosi umumnya berupa erosi parit (*gully erosion*).
- Tanah mempunyai kedalaman efektif yang dangkal, kurang dari 60 cm. iii. Persentase penutupan lahan rendah (antara 25-50%).
- Kesuburan tanah rendah.

4. Lahan Sangat Kritis

Lahan sangat kritis adalah lahan yang sangat rusak sehingga tidak mungkin lagi untuk diusahakan sebagai lahan pertanian dan suli direhabilitasi. Lahan sangat kritis mempunyai ciri sebagai berikut:

- Tanah terjadi erosi sangat berat, sebagian tingkat erosi parit (*gully erosion*).
- Lapisan-lapisan tanah produksi telah habis tererosi, kedalaman efektif tanah sangat dangkal, kurang dari 30 cm.
- Persentase penutupan tanah oleh vegetasi sangat rendah (kurang dari 25%).
- Kemiringan lereng umumnya kurang dari 40%.
- Tingkat kesuburan tanah sangat rendah.

Sitorus (2004), memiliki pandangan berbeda bahwa pengelompokan lahan kritis mengandung berbagai makna, setidaknya ada tiga makna lahan kritis, yaitu kritis yang berkaitan dengan keadaan fisik kimianya, kritis secara sosial ekonomi dan kritis secara hidro-orologis. Pada lahan ini terdapat satu atau lebih faktor penghambat yang kurang mendukung dalam usaha-usaha pemanfaatan untuk kegiatan pertanian. Pada umumnya pengertian kritis dalam hal ini diasosiasikan dengan kerusakan yang dialami sebidang lahan sehingga lahan tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan atau tidak mampu mendukung pertumbuhan tanaman dengan normal.

1. Kritis Secara Fisik Kimia

Lahan yang termasuk kelompok kritis secara fisik adalah lahan yang secara fisik telah mengalami kerusakan. Ciri yang menonjol yang dapat dilihat di lapangan dari lahan-lahan kritis secara fisik adalah tanah-tanah yang mempunyai salah satu atau kombinasi dari kondisi berikut: (a) Tanah mempunyai kedalaman efektif yang dangkal atau pada kedalaman tanah tersebut terdapat berbagai lapisan penghambat pertumbuhan tanaman, seperti adanya lapisan gambut tebal, lapisan pasir, lapisan kerikil, lapisan batuan, akumulasi garam atau lapisan penghambat lainnya; (b) Pada bagian tertentu atau keseluruhan dapat terlihat adanya lapisan padas yang sudah kelihatan di permukaan tanah; (c) Adanya batuan atau pasir atau abu yang melapisi tanah sebagai akibat letusan gunung, banjir bandang ataupun bencana alam lainnya. Lahan yang termasuk ke dalam kelompok lahan kritis secara kimia adalah lahan yang bila ditinjau dari tingkat kesuburan, salinitas dan keracunan/toksisitasnya tidak lagi dapat memberikan dukungan positif terhadap pertumbuhan tanaman apabila lahan tersebut diusahakan sebagai areal pertanian. Lahan yang tergolong kritis secara kimia termasuk juga tanah-tanah dengan tingkat kesuburan yang sangat rendah sebagai akibat sangat rendahnya penyediaan unsur hara dari cadangan mineral tanah ataupun sebagai akibat pencucian unsur hara yang terjadi secara berlebihan. Karakteristik yang dapat diamati di lapangan dari lahan kritis secara kimia adalah salah satu atau kombinasi dari beberapa kondisi berikut: (a) Lahan menunjukkan gejala penurunan produktivitas atau menghasilkan produksi yang

sangat rendah; (b) Adanya gejala-gejala keracunan pada tanaman-tanaman sebagai akibat akumulasi racun dan/atau garam-garam dalam tanah; (c) Adanya gejala-gejala defisiensi unsur hara pada tanaman yang tumbuh di atasnya. Kualitas tanah pada lereng atas mempunyai kualitas tanah terburuk dibanding tanah di lereng bawahnya karena telah tergerusnya lapisan atas tanah yang menyebabkan hilangnya unsur-unsur hara tanah.

2. Kritis Secara Sosial Ekonomi

Lahan kritis dikategorikan secara sosial ekonomi adalah lahan-lahan terlantar sebagai akibat adanya salah satu atau kombinasi dari beberapa faktor sosial ekonomi sebagai kendala dalam usaha-usaha pendayagunaan lahan tersebut. Termasuk dalam pengertian lahan kritis secara sosial ekonomi ini adalah lahan yang sebenarnya masih berpotensi untuk dapat digunakan bagi usaha pertanian dengan tingkat kesuburan yang relatif baik, tetapi karena adanya faktor penghambat sosial ekonomi (misalnya sengketa pemilikan lahan, sulitnya pemasaran hasil atau harga produksi yang sangat rendah), maka lahan tersebut ditinggalkan oleh penggarapnya sehingga menjadi terlantar baik sebagai padang alang-alang maupun sebagai semak belukar.

3. Kritis Secara Hidro-orologis

Lahan kritis secara hidro-orologis merupakan lahan yang keadaannya sedemikian rupa dimana tanahnya tidak mampu lagi mempertahankan fungsinya sebagai pengatur tata air. Hal ini terjadi karena terganggunya kemampuan lahan untuk menahan, menyerap dan menyimpan air. Keadaan ini sebenarnya berhubungan erat dengan keadaan kritis secara fisik yang dikemukakan terdahulu dan dapat merupakan akibat dari kritis secara fisik tersebut. Lahan kritis hidroorologis dapat dilihat di lapangan dari banyak sedikitnya vegetasi yang tumbuh di atas tanahnya. Sebagian besar jenis vegetasi tidak mampu lagi tumbuh dan berkembang baik pada keadaan kritis hidro-orologis ini. Lahan kritis hidroorologis ini dapat berupa lahan-lahan gundul tanpa vegetasi penutup, atau dengan vegetasi penutup dalam jumlah yang sedikit, atau terbatasnya jenis vegetasi yang tumbuh di atasnya. Keadaan ini telah menyebabkan terus meningkatnya lahan-lahan kritis karena akibat deforestasi lahan menjadi

kehilangan fungsi utamanya sebagai pengatur tata air, pengendali erosi dan siklus oksigen (Rachman, 2006). Kusmana et al. (2004), menambahkan bahwa penutupan vegetasi memegang peranan penting dalam pengaturan sistem hidrologi, terutama "efek spons" yang dapat menyekap air hujan dan mengatur pengalirannya sehingga mengurangi kecenderungan banjir dan menjaga aliran air dimusim kemarau.

Kekritisan lahan juga dapat dinilai secara kuantitatif atau kualitatif. Ukuran kuantitatif menetapkan kekritisan berdasarkan luas lahan atau proporsi unsur lahan yang terdegradasi atau hilang. Misalnya, penipisan tubuh tanah, menunjukkan kekritisan kuantitatif lahan. Ukuran kualitatif menetapkan kekritisan menurut tingkat penurunan mutu lahan atau unsur lahan. Menurunnya produktivitas lahan, menunjukkan kekritisan kualitatif lahan. Akan tetapi ukuran kuantitatif dan kualitatif sering berkaitan. Misalnya, penipisan tubuh tanah (gejala kuantitatif) karena erosi membawa serta penurunan produktivitas tanah (gejala kualitatif) karena lapisan tanah atas biasanya lebih produktif daripada lapisan tanah bawahan (Notohadiprawiro, 1996).

A.2.4. Indikator Penentu Kekritisan Lahan

Degradasi lahan oleh pengaruh manusia dibagi menjadi 2 tipe besar: (1) degradasi erosif, yaitu berhubungan dengan pemindahan bahan atau material tanah seperti erosi oleh kekuatan air dan angin; dan (2) degradasi non-erosif, yaitu merupakan kerusakan atau kemunduran sifat-sifat tanah in-situ yang dapat berupa degradasi fisik dan degradasi kimia dan/atau biologi tanah (Oldeman, 1998; Direktorat Pengelolaan Lahan, 2009). Sementara Stocking dan Murnaghan (2000), membagi tipe-tipe degradasi lahan menjadi 9 tipe, yaitu: erosi oleh air, erosi oleh angin, penurunan kesuburan tanah, *waterlogging*, salinisasi, sedimentasi, penurunan muka air tanah, penutupan lahan oleh vegetasi, meningkatnya persentase batuan di permukaan dan singkapan batuan. Untuk mengidentifikasi suatu lahan masuk ke dalam tingkat atau derajat kekritisan tertentu maka diperlukan satu set indikator kunci yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kekritisan tersebut. Kosmas et al. (1999), memetakan tingkat kekritisan lahan di daerah-daerah

mediteran dengan indikator-indikator kunci yang digunakan untuk mengukur kelas kemampuan lahan atau indikator-indikator untuk mengukur kelas kesesuaian lahan. Indikator ini dapat digunakan untuk mendefinisikan tingkat kekritisn lahan pada skala perencanaan tingkat nasional ataupun regional yang dapat dikelompokkan kedalam 4 kategori besar yaitu: indikator kualitas tanah, indikator kualitas iklim, indikator kualitas vegetasi, dan indikator kualitas manajemen.

a) Indikator Kualitas Tanah

Tanah merupakan faktor yang dominan pada ekosistem daratan, terutama pengaruhnya terhadap produksi biomassa. Degradasi akan terjadi pada suatu lahan tertentu ketika tanah tidak mampu menyediakan media perakaran, air dan hara dalam keadaan yang memadai/cukup. Kualitas ini dapat dievaluasi melalui variabel sifat-sifat atau karakteristik tanah yang dipakai dalam survei tanah secara umum seperti: kemiringan lereng, bahan induk, kedalaman efektif tanah, fragmen batuan, tekstur, struktur, drainase, bulk density, permeabilitas tanah, crusting, asidifikasi, salinisasi, dan penurunan kandungan hara (Lal *et al.*, 1998). Penurunan kandungan hara karena tercuci atau karena uptake oleh tanaman dapat diidentifikasi melalui perubahan kandungan bahan organik tanah, pH, N, P, Al, Ca, Mg, K, Na, KTK, dan KB (van Lynden *et al.*, 2004; Dirjen BPDAS Kementerian Kehutanan, 2013).

b) Indikator Kualitas Iklim

Indikator kualitas iklim dapat dievaluasi melalui variabel-variabel seperti: curah hujan, aridity, dan aspek lereng. Di daerah tropis, jumlah, intensitas, dan distribusi hujan merupakan faktor yang menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kekuatan aliran permukaan, serta tingkat kerusakan erosi yang terjadi (Arsyad, 2010). Sementara itu aridity dan aspek lereng lebih banyak dikaji pada daerah-daerah mediteran (zona arid, semi-arid, sub-humid).

c) Indikator Kualitas Vegetasi

Komponen biotik dominan yang terkait dengan masalah degradasi adalah penutupan lahan oleh vegetasi. Vegetasi sangat krusial pengaruhnya terhadap kapasitas infiltrasi tanah dan aliran permukaan. Kunci indikator kualitas vegetasi terkait dengan degradasi lahan dapat dikaji melalui: resiko kebakaran

dan kemampuan pemulihannya, proteksi terhadap erosi tanah, resistensi terhadap kekeringan, dan persentase penutupan lahan (Departemen Kehutanan, 2007).

d) Indikator Kualitas Manajemen

Sebidang lahan dengan penggunaan tertentu maka berkaitan dengan jenis manajemen tertentu pula. Suatu lahan akan mengalami tingkat stres tertentu tergantung pada jenis pengelolaan yang diterapkan, dimana penerapan jenis pengelolaan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti lingkungan, sosial, ekonomi, teknologi dan politik yang ada (Arsyad, 2010; Shamsi, 2010). Misalnya, adanya kebijakan lingkungan yang berlaku di suatu daerah memberikan dampak tertentu pada lahan dimana kebijakan tersebut diterapkan. Indikator kualitas manajemen dapat di evaluasi melalui variabel-variabel seperti: penggunaan lahan, *overgrazing*, penerapan teras, dan resiko kebakaran.

A.2.5. Identifikasi dan Pemetaan Lahan Kritis

Identifikasi dan pemetaan lahan kritis adalah suatu usaha yang sangat bermanfaat untuk perencanaan atau untuk penentuan prioritas pemanfaatan dan pelestarian sumberdaya alam yang mencakup konservasi dan rehabilitasi tanah. Menurut Kementerian Kehutanan Tahun 2013, tingkat kekritisan lahan ditentukan dari jumlah nilai yang diperoleh untuk masing-masing kriteria sesuai fungsi lahannya. Sedangkan pemetaannya dilakukan dengan mengukur faktor-faktor penyebab terjadinya lahan kritis secara spasial dan menghitung pengaruh agregasi faktor-faktor tersebut melalui analisis tumpang-tindih (*overlay*) data spasial. Data spasial tersebut adalah peta penutup/penggunaan lahan (C), peta lereng (S), peta erodibilitas tanah (E), dan manajemen lahan (M). Secara umum ke-5 data spasial tersebut dimodelkan dengan formula sebagai berikut:

$$ILK = \{(a \times C) + (b \times S) + (c \times E) + (d \times M)\}$$

Dimana ILK adalah Indeks Lahan Kritis, a, b, c, dan d adalah bobot penutup/penggunaan lahan, bobot lereng, bobot erosi, dan bobot manajemen lahan, yang besarnya masing-masing adalah 30, 20, 20, dan 30. Faktor penentu lahan kritis menurut skor dan pembobotannya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kriteria Lahan Kritis untuk Pemanfaatan Budidaya Pertanian

No.	Kriteria (% bobot)	Kelas	Besaran/Diskripsi	Skor	Keterangan
1	Produktivitas (30)	1. Sgt. Tinggi 2. Tinggi 3. Sedang 4. Rendah 5. Sgt. Rendah	>80% 61 – 80 % 41 – 60 % 21 – 40 % <20 %	5 4 3 2 1	Dinilai berdasarkan ratio terhadap produksi komoditi umum optimal pada pengelolaan tradisional
2	Lereng (20)	1. Datar 2. Landai 3. Agk. Curam 4. Curam 5. Sgt. Curam	< 8 % 8 – 15 % 16 – 25 % 26 – 40 % >40 %	5 4 3 2 1	
3	Erosi (20)	1. Ringan 2. Sedang 3. Berat 4. Sangat Berat	0 dan I II III IV	5 4 3 2	
4	Manajemen (30)	1. Baik 2. Sedang 3. Buruk	- Penerapan teknologi konservasi tanah lengkap dan sesuai petunjuk teknis - Tidak lengkap atau tidak terpelihara - Tidak ada	5 3 1	

Sumber: Dirjen BPDAS Kementerian Kehutanan, 2013.

Tingkat kekritisn lahan ditentukan dengan nilai penentunya yang dihasilkan dari persamaan Indeks Lahan Kritis (ILK), kisaran nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Indeks Penentuan Kelas Lahan Kritis (ILK)

No.	Tingkat Kekritisan	ILK
1.	Sangat Kritis	120-180
2.	Kritis	181-270
3.	Agak kritis	271-360
4.	Potensial kritis	361-450
5.	Tidak kritis	451-500

Sumber: Dirjen BPDAS Kementerian Kehutanan, 2013.

Pemetaan informasi lahan dapat menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Sistem informasi geografis adalah suatu sistem berbasis komputer untuk mendayagunakan dan menghasilkan, penyimpanan, pengolahan dan analisis data spasial (keruangan) serta data non spasial (tabular), dalam memperoleh berbagai informasi yang berkaitan dengan aspek keruangan, baik yang berorientasi ilmiah, komersial, pengelolaan maupun kebijaksanaan. Sistem informasi geografis mempunyai karakteristik sebagai perangkat pengelola basis data, *database management system*, sebagai perangkat analisis keruangan (*spatial analysis*), dan juga sekaligus sebagai proses komunikasi untuk pengambilan keputusan.

Sistem informasi geografis biasanya dihubungkan dengan teknologi komputer yang bereferensi geografis, suatu sistem terintegrasi yang dipakai sebagai aplikasi substansial yang telah banyak menarik perhatian di seluruh dunia. Komponen sistem informasi geografis terdiri dari perangkat keras (hardware), perangkat lunak (*software*), *brainware*, *netware* dan *dataware*. Kelima komponen tersebut saling bersinergi membentuk suatu sistem yang utuh. Kemampuan sistem informasi geografis menampilkan data dalam bentuk gambar (peta digital) memudahkan pengguna untuk memahami informasi yang diinginkan, sebagai contoh untuk melihat daerah yang tidak sesuai dengan komoditi tertentu, perubahan penggunaan lahan dan lain sebagainya dengan mudah dapat ditampilkan dengan sistem informasi geografis. Klasifikasi kesesuaian lahan dengan pendekatan sistem informasi geografis memungkinkan pengembangan database dalam bentuk sistem informasi berorientasi geografis. Oleh karenanya, penggunaan sistem informasi geografis

ini sangat efektif didalam analisa spasial dalam kaitannya pada areal pertanian Joerin, 2001; Shamsi, 2010; Jafari dan Narges, 2010; Weerakoon, 2014).

A.3. Komoditas Unggulan Pertanian dalam Pengembangan Wilayah

Pengembangan wilayah tidak lepas dari aspek pendukung salah satunya adalah penentuan komoditas unggulan. Penilaian potensi wilayah merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mencari lahan yang memang berpotensi bagi pembangunan pertanian. Dengan dilakukannya penilaian potensi wilayah ini diharapkan akan dihasilkan suatu perencanaan pembangunan pertanian yang tepat dan rasional, dimana pemanfaatan lahannya dapat optimum, lestari dan berkelanjutan. Penilaian potensi wilayah ini dilakukan melalui analisis prioritas potensi wilayah baik secara fisik maupun sosial ekonomi (Sitorus, *et.al.*, 2013).

Syafaat dan Supena (2000), memberikan konsep dan pengertian komoditas unggulan yang berbeda yaitu dilihat dari dua sisi yaitu sisi penawaran (*supply*) dan sisi permintaan (*demand*). Pengertian tersebut lebih menekankan pentingnya lokasi, sedangkan dilihat dari sisi permintaan, komoditas unggulan merupakan komoditas yang mempunyai permintaan yang kuat baik untuk pasar domestik maupun pasar internasional. Kuncoro (2005); Hidayat, *et.al.*, (2014), menyampaikan kegiatan ekonomi dengan pemanfaatan keunggulan komperatif akan memberikan perkembangan bukan hanya pada sektor itu saja melainkan sektor lain yang saling terkait bahkan dapat sebagai pendorong utama (*prime mover*) bagi pertumbuhan ekonomi secara nasional maupun regional. Oleh karenanya, pengembangan komoditi unggulan disektor pertanian pada suatu daerah merupakan suatu strategi regional untuk memacu pertumbuhan ekonomi, sehingga memberikan efek pengganda (*multiflier effect*).

Keberadaan sumberdaya lahan yang terbatas tidak mampu mengimbangi kebutuhan lahan yang sangat pesat baik dari sektor pertanian maupun non pertanian, akibatnya timbul persaingan penggunaan lahan yang saling tumpang tindih dan tidak memperhatikan aspek kelestarian lingkungan (Djaenuddin, Sulaeman dan Abdurachman, 2002), dan akhirnya menjadi kendala bagi proses pembangunan pertanian.

Teknik penilaian komoditas dapat dilakukan melalui beberapa cara diantaranya adalah index komoditas unggulan, model perbandingan eksponensial dan juga *multicriteria analysis* (Rasmussen, *et.al.*, 2017). Peneliti lainnya (Sitorus, *et.al.*, 2013; Nainggolan dan Johdikson, 2012) mengukur komoditas unggulan pertanian menggunakan pendekatan spesifikasi lokasi atau disebut dengan *Location Quotient* (LQ) adalah perbandingan tentang besarnya peranan suatu sektor di suatu daerah terhadap besarnya peranan sektor tersebut secara nasional. Banyak variable yang bisa diperbandingkan namun dalam penelitian ini digunakan nilai produktifitas yaitu nilai produksi dibagi dengan luas lahan (Nainggolan dan Johndikson, 2012). Selain itu, juga digunakan analisis kelayakan usahatani dilakukan untuk menilai kelayakan usahatani komoditas unggulan terpilih (Soekartawi, 2003). Penghasilan petani tergantung dari dua faktor utama yaitu harga jual dan biaya usahatani. Perhitungan pengeluaran dan pendapatan petani didasarkan pada harga sarana, tenaga kerja, dan produksi yang berada di lokasi penelitian.

A.4. Metode Analitical Hierarchy Proses (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Dr. Thomas L. Saaty dari Wharton School of Business pada tahun 70-an, untuk mengorganisir informasi dalam memilih alternatif yang paling disukai. Menggunakan AHP dapat memandang suatu masalah yang akan dipecahkan dalam suatu kerangka berfikir yang terorganisir, sehingga memungkinkan untuk mengambil keputusan yang efektif atas masalah tersebut.

Proses pengambilan keputusan pada dasarnya adalah memilih suatu alternatif. Peralatan utama *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah sebuah hierarki fungsional dengan input utamanya perspsi manusia. Dengan Hierarki, suatu masalah kompleks dan tidak terstruktur dipecahkan kedalam kelompok – kelompoknya, kemudian kelompok kelompok tersebut diatur menjadi suatu bentuk Hierarki (Saaty, 2004).

Suatu tujuan yang bersifat umum dapat dijabarkan dalam beberapa subtujuan yang lebih terperinci yang dapat menjelaskan apa yang dimaksud dalm tujuan

pertama. Penjabaran ini dapat dilakukan terus hingga akhirnya diperoleh tujuan yang bersifat operasional. Pada hierarki terendah inilah dilakukan proses evaluasi atas alternatif – alternatif, yang merupakan ukuran dari pencapaian tujuan utama, dan pada hierarki terendah ini dapat ditetapkan dalam satuan apa kriteria diukur. Penjabaran hierarki tujuan, tidak ada pedoman yang pasti seberapa jauh pengambilan keputusan menjabarkan tujuan menjadi tujuan yang lebih rendah. Pengambilan keputusan yang menentukan saat penjabaran tujuan ini berhenti, dengan memperhatikan keuntungan atau kekurangan yang diperoleh bila tujuan tersebut diperinci lebih lanjut.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan didalam melakukan proses penjabaran hierarki :

1. Pada saat penjabaran tujuan kedalam subtujuan, harus diperhatikan apakah setiap aspek dari tujuan yang lebih tinggi tercakup dalam subtujuan tersebut.
2. Perlu dihindari terjadinya pembagian yang terlampau banyak, baik dalam arah horizontal maupun vertical.
3. Sebelum menentukan suatu tujuan untuk menjabarkan hierarki tujuan yang lebih rendah, maka dilakukan tes kepentingan, “apakah suatu tindakan/hasil yang terbaik akan diperoleh bila tujuan tersebut tidak dilibatkan dalam proses evaluasi”.

Penjabaran tujuan hierarki yang lebih rendah pada dasarnya ditukan agar memperoleh kriteria yang dapat diukur. Walaupun sebenarnya tidaklah selalu demikian keadaannya. Dalam beberapa hal tertentu, mungkin lebih menguntungkan bila menggunakan tujuan hierarki yang lebih tinggi dalam proses analisis. Semakin rendah dalam menjabarkan suatu tujuan, semakin mudah pula penentuan ukuran objektif dari kriteria – kriterianya.

Prinsip kerja *Analytical Hierarchy Process* adalah penyederhanaan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategik, dan dinamik menjadi bagian-bagiannya, serta menata dalam suatu hierarki. Kemudian tingkat kepentingan suatu variabel diberi numeric secara subjektif tentang arti penting variabel tersebut secara relatif dibandingkan dengan variabel yang lain.

Kelebihan *Analytical Hierarchy Process* adalah :

1. Struktur yang ber-hierarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteriadan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan.
3. Memperhitungkan daya tahan atau ketahanan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Beberapa keuntungan yang diperoleh bila memecahkan persoalan dan mengambil keputusan menggunakan *Analytical Hierarchy Process* adalah :

- a) Kesatuan : memberikan satu model tunggal yang mudah dimengerti, luwes untuk aneka ragam persoalan tidak terstruktur.
- b) Kompleksitas : memadukan ancangan deduktif dan ancangan berdasarkan sistem dalam memecahkan persoalan kompleks.
- c) Saling ketergantungan : menangani saling ketergantungan elemen-elemen dalam suatu sistem dan tidak memaksakan pemikiran linier.
- d) Penyusunan hierarki : mencerminkan kecenderungan alami pikiran untuk memilah-milah elemen-elemen suatu sistem dalam berbagai tingkat berlainan dan mengelompokkan unsur yang serupa dalam setiap tingkat.
- e) Pengukuran : memberi suatu skala untuk mengukur hal-hal dan terwujud suatu metode untuk menetapkan prioritas.
- f) Konsistensi : melacak konsistensi logis dari pertimbangan- pertimbangan yang digunakan untuk menetapkan berbagai prioritas.
- g) Sintesis : menuntun ke suatu taksiran menyeluruh tentang kebaikan setiap alternatif.

Analytical Hierarchy Process mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang multiobjektif dan multikriteria yang berdasarkan pada perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hierarki. Jadi, model ini merupakan suatu model pengambilan keputusan yang komprehensif (Saaty, 2004; Podvezko, 2009). Pada dasarnya langkah – langkah meliputi :

- a. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
- b. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan subtujuan – subtujuan, kriteria dan kemungkinan alternatif – alternatif pada tingkat kriteria yang paling bawah.
- c. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing – masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan dari pelaku pengambil keputusan (judgment) dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.
- d. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh judgment seluruhnya sebanyak $n \times [n-1/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya kriteria yang dibandingkan.
- e. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.
- f. Mengulangilangkah 3,4 dan 5 untuk seluruh tingkat hierarki.
- g. Menghitung vector eigen dari setiap matrik perbandingan berpasangan. Nilai vector eigen merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini untuk mensintesiskan judgment dalam penentuan prioritas elemen – elemen pada tingkat hierarki terendah sampai pencapaian tujuan.

Secara naluri, manusia dapat mengestimasi besaran sederhana melalui inderanya. Proses yang paling mudah adalah membandingkan dua hal dengan keakuratan perbandingan tersebut dapat dipertanggungjawabkan. Untuk itu Saaty (1980) menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan tingkat suatu kriteria yang satu dengan kriteria yang lain sesuai dengan Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Skala Perbandingan Saaty dalam AHP

Intensitas Kepentingan	Keterangan	Penjelasan
1	Kedua Kriteria sama pentingnya	Dua kriteria mempunyai pengaruh yang sama besarnya terhadap tujuan
3	Kriteria yang satu sedikit lebih penting dari pada kriteria yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu kriteria dibandingkan kriteria lainnya.
5	kriteria yang satu lebih penting dibandingkan dengan kriteria lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu kriteria dibandingkan kriteria lainnya.
7	Satu kriteria jelas lebih penting dari pada kriteria lainnya	Satu kriteria yang kuat disokong dan dominant terlihat dalam prakteknya
9	Satu kriteria mutlak penting dari pada yang lainnya.	Bukti yang mendukung kriteria yang satu terhadap kriteria lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan.
2,4,6,8	Nilai – nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan
kebalikan	Jika untuk aktifitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktifitas j, maka j mempunyai nilai kebaikannya dibanding i.	

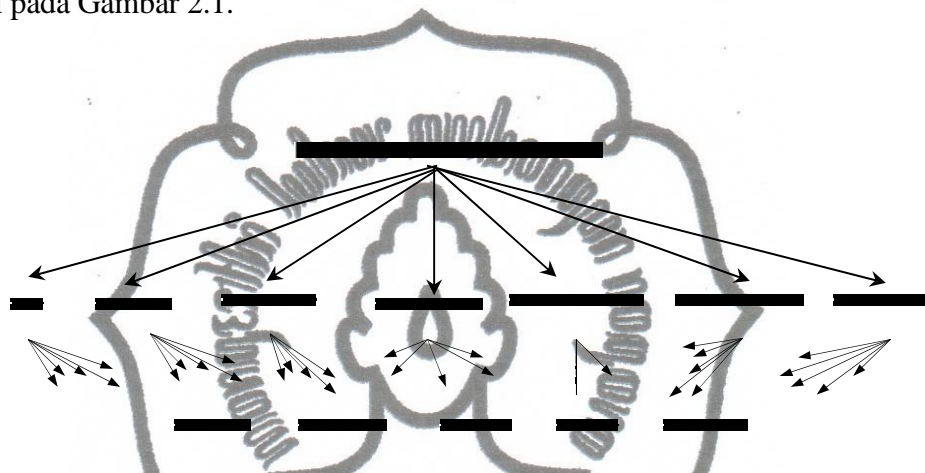
Sumber : Saaty (2004)

A.4.1. Penyusunan Hierarki

Keanekaragaman yang menggunakan hierarki mengesankan bahwa subjek yang dapat dirancang dengan proses hierarki adalah tak terhingga. Oleh keterbatasan ini didorong untuk berinovasi dengan menciptakan kosa kata yang diperlukan dan lambang lain, misalnya bahasa komputer, guna mengungkapkan perasaan dan gagasan yang muncul dalam alam sadar kita dalam proses identifikasi dan strukturisasi.

commit to user

Rancangan dalam menyusun hierarki bergantung pada jenis keputusan yang perlu diambil. Jika persoalannya adalah memilih alternatif, dapat dimulai dari tingkat dasar dengan menderetkan semua alternatif itu. Tingkat berikutnya harus terdiri atas kriteria untuk mempertimbangkan berbagai alternatif tadi, dan tingkat puncak haruslah satu elemen saja, yaitu fokus atau tujuan menyeluruh. Kriteria – kriteria itu dapat dibandingkan menurut pentingnya kontribusi masing – masing sesuai pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bentuk Dasar Penyusunan Hierarki, Alternatif dan Kriteria.

Hierarki yang disusun bersifat fleksibel sehingga nantinya dapat mengubah beberapa bagiannya untuk menampung kriteria baru, yang baru terpikir, atau yang dianggap tidak penting ketika pertama merancangnya. Program komputer yang membantu dalam tugas ini juga dibuat dengan memikirkan keluwesan. Setelah membuat peringkat berbagai kriteria dan tiba pada prioritas menyeluruh untuk alternatif – alternatif itu, barang kali kita masih ragu – ragu mengenai keputusan akhirnya. Kalau demikian, jalani lagi seluruh proses dan ubah beberapa dari penilaian kita tentang realatif pentingnya kriteria itu. Jika alternatif yang meragukan tadi masih secara signifikan (berarti) di atas yang lainnya dalam hal prioritas menyeluruh, maka dia adalah pilihan yang paling tepat bagi kita. Kadang – kadang kriteria itu sendiri harus diperiksa secara rinci, maka suatu tingkatan subkriteria perlu disisipkan diantara kriteria dan alternatif.

Jumlah tingkat dalam suatu hierarki tidak ada batasnya. Jika kita tidak mampu membandingkan elemen – elemen dalam satu tingkat terhadap elemen – elemen

dari tingkat lebih tinggi berikutnya. Jadi, satu tingkat baru telah dimasukan untuk memudahkan analisis perbandingan dan untuk meningkatkan kecermatan pertimbangan. Sekarang kita dapat menjawab pertanyaan yang utama : berapa kali lebih besar kontribusi suatu elemen dibandingkan dengan elemen yang lain untuk memenuhi suatu criteria yang berada setingkat diatas dalam hierarki.

Hierarki dapat lebih rumit dari yang dipaparkan diatas. Misalnya, hierarki yang berkaitan dengan dengan perencanaan yang diproyeksikan dan yang diulangi kelak, meliputi tingkat – tingkat berikut :

- Kendala lingkungan yang tak terkendali
- Skenario resiko
- Kendala sistemik yang terkendali
- Berbagai sasaran menyeluruh sistem itu
- Pihak – pihak yang berkepentingan
- Sasaran – sasaran pihak yang berkepentingan (dipisahkan untuk setiap pihak yang berkepentingan)
- Skenario eksplorasi (hasil)
- Skenario komposit atau logis (hasil)

A.4.2. *Software Expert Choise sebagai Solution Tools AHP*

Software Expert Choise adalah suatu sistem yang digunakan untuk melakukan analisa, sistematis, dan pertimbangan (*justifikasi*) dari sebuah evaluasi keputusan yang kompleks. Menggunakan *software* ini diharapkan tidak ada lagi metode coba-coba (*trial*) dalam proses pengambilan keputusan. Penggunaan hirarki dalam *expert choice* bertujuan untuk mengorganisir perkiraan dan intuisi dalam suatu bentuk logis. *Expert Choice* telah banyak digunakan oleh berbagai instansi bisnis dan pemerintah diseluruh dunia dalam berbagai bentuk aplikasi, antara lain:

1. Pemilihan alternatif
2. Alokasi sumber daya
3. Keputusan evaluasi dan upah karyawan
4. *Quality Function Deployment*
5. Penentuan Harga *commit to user*

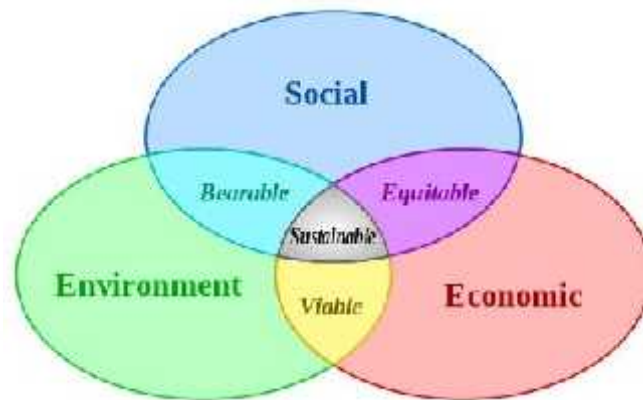
6. Perumusan Strategi Pemasaran
7. Evaluasi proses akuisisi dan merger

A.5. Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan telah muncul menjadi alternatif sistem pertanian untuk menjawab banyak kendala yang dihadapi oleh petani yang miskin akan sumberdaya dan waktu, serta menjamin keberlanjutan lingkungan. Sistem ini melibatkan kombinasi yang saling berkaitan antara tanah, produksi tanaman dan ternak yang bersesuaian dengan tidak dipakainya atau berkurangnya pemakaian input eksternal yang mempunyai potensi membahayakan lingkungan dan/atau kesehatan petani dan konsumen. Sebagai gantinya, sistem ini lebih menekankan teknik produksi pangan yang mengintegrasikan dan sesuai dengan proses alam lokal seperti siklus hara, pengikatan nitrogen secara biologis, regenerasi tanah dan musuh alami hama. Menggunakan sumberdaya lokal dalam memperbaiki tanah dan bisa bermanfaat dimana peningkatan pendapatan dapat mengurangi hambatan untuk mengadopsi praktek-praktek penggunaan sumberdaya yang berkelanjutan.

Pertanian berkelanjutan bisa mempunyai arti yang berbeda bagi orang yang berbeda, meskipun demikian semuanya mempunyai perhatian untuk mencegah degradasi beberapa aspek dari lahan pertanian. Beberapa petani terutama menaruh perhatian pada degradasi sumberdaya alam (misalnya lahan menjadi kurang produktif).

Pertanian berkelanjutan adalah sebuah filosofi sebuah sistem pertanian erat kaitannya dengan pembangunan keberlanjutan (Smith dan McDonald, 1998). Hal ini memberdayakan petani untuk bekerja sejalan dengan proses-proses alami untuk melindungi sumberdaya seperti tanah dan air, sambil meminimumkan dampak dari limbah terhadap lingkungan. Pada saat yang sama, sistem pertanian menjadi lebih tahan (*resilient*), mengatur diri sendiri dan keuntungannya dapat dipertahankan. Oleh karenanya, pokok bahasan dalam sebuah keberlanjutan terdiri dari 3 unsur utama yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan. Adapun konsep keberlanjutan pembangunan tampak pada Gambar 2.2. sebagai berikut :



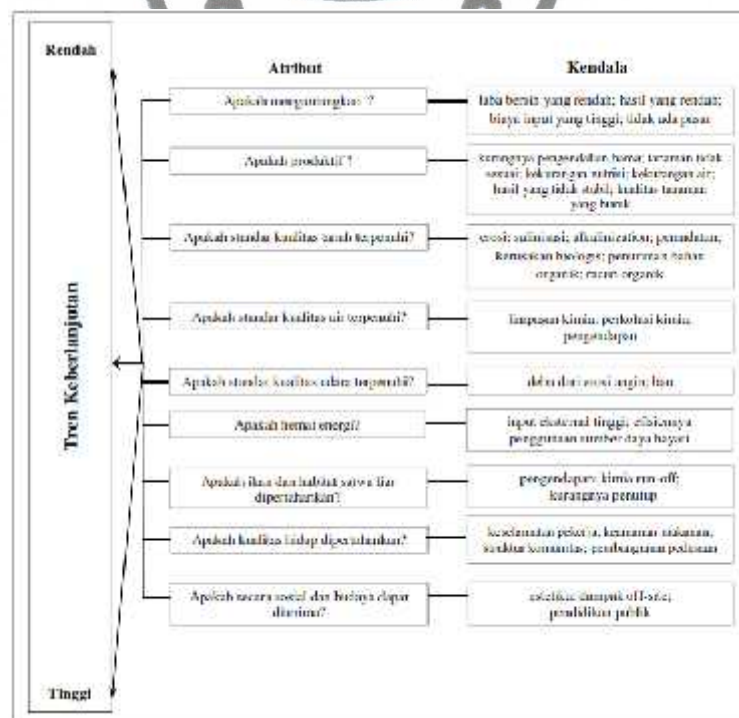
Gambar 2.2. Dimensi Pembangunan Berkelanjutan

Smith dan McDonald (1998); Pannel dan Glenn (2000); Sharma, *et.al* (2006) sependapat apabila mengadopsi prinsip dasar pembangunan berkelanjutan, sistem pertanian harus memenuhi tiga prinsip dasar seperti yang dijelaskan berikut ini.

1. Keberlanjutan Ekonomi. Kegiatan bisa berlanjut, apabila usahatani harus secara ekonomi menguntungkan. Kelayakan ekonomi dapat dicapai dengan mengurangi penggunaan peralatan mesin, mengurangi biaya pupuk kimia dan pestisida (dimana kebanyakan petani tidak dapat membelinya), tergantung pada karakteristik dari sistem produksinya.
2. Keberlanjutan Lingkungan. Pertanian berkelanjutan sering digambarkan sebagai kegiatan yang layak secara ekologis yang tidak atau sedikit memberikan dampak negatif terhadap ekosistem alam, atau bahkan memperbaiki kualitas lingkungan dan sumberdaya alam pada mana kegiatan pertanian bergantung. Biasanya hal di dicapai dengan cara melindungi, mendaur-ulang, mengganti dan/atau mempertahankan basis sumberdaya alam seperti tanah, air, keanekaragaman hayati dan kehidupan liar yang memberikan sumbangan terhadap perlindungan modal alami. Penggunaan bahan kimia yang dikenal berbahaya bagi organisme tanah, struktur tanah dan keanekaragaman hayati dihindari atau dikurangi sampai minimum.
3. Keberlanjutan Sosial. Keberlanjutan sosial berkaitan kualitas hidup dari yang bekerja dan hidup di pertanian, demikian juga dengan masyarakat di

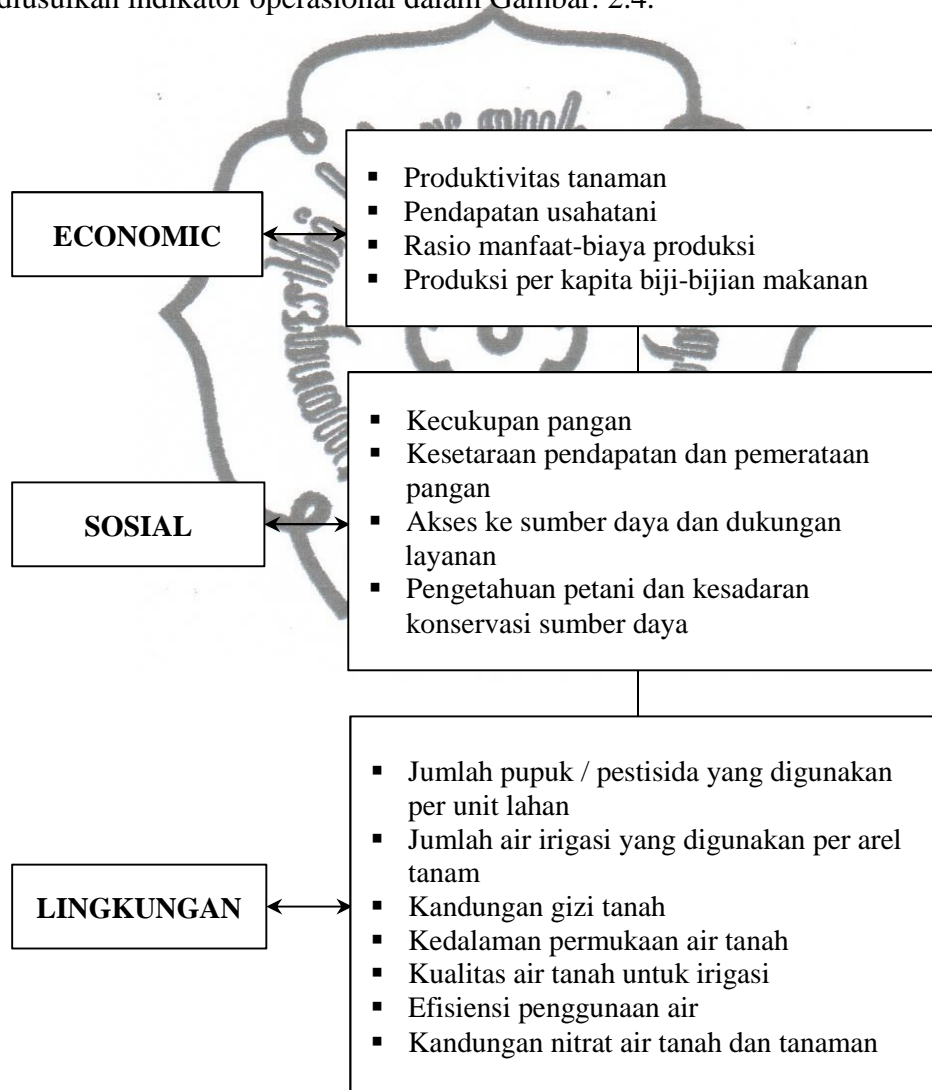
sekitarnya. Hal ini mencakup penerimaan atau pendapatan yang setara bagi stakeholder yang berbeda dalam rantai produksi pertanian. Dalam konteks pengangguran yang tinggi, pertanian berkelanjutan mempromosikan pembagian nilai tambah pertanian bagi lebih banyak anggota masyarakat melalui lebih banyak penggunaan tenaga kerja yang tersedia, dan akan meningkatkan kohesi dan keadilan sosial. Perlakuan yang layak terhadap pekerja dan memilih untuk membeli bahan- bahan secara lokal daripada membeli dari tempat jauh, juga merupakan elemen dari keberlanjutan sosial.

Meningkatnya penelitian yang mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan dan dihubungkan kepada proyek-proyek pertanian pada karakteristik wilayah berbeda menggunakan berbagai paket teknologi yang berbeda pula mengindikasikan para peneliti *concern* terhadap pertanian berkelanjutan. Umumnya optimalisasi sumberdaya digunakan meliputi pengelolaan hara terpadu, pengolahan tanah konservasi, agroforestri, integrasi ternak dan pengelolaan hama terpadu. Seperti halnya Stockie, *et.al* (1994) yang menggambarkan konsep pertanian berkelanjutan sebagai berikut :



Gambar 2.3. Model Pertanian Berkelanjutan Stockie (1994).

Zhen dan Routray (2003) mengemukakan dua pendekatan dasar untuk penilaian kelestarian untuk dikembangkan: Pertama, pengukuran yang tepat dari faktor tunggal dan kombinasi mereka ke parameter bermakna. Kedua, indikator sebagai ungkapan situasi yang kompleks, di mana indikator adalah variabel yang menempatkan informasi mengenai proses yang relatif kompleks menjadi bentuk yang lebih mudah dipahami. Berdasar tiga komponen pertanian keberlanjutan maka diusulkan indikator operasional dalam Gambar. 2.4.



Gambar 2.4. Model Pertanian Berkelanjutan Zhen dan Routray (2003).

Penelitian terdahulu membuktikan bahwa praktek pertanian berkelanjutan pada kenyataannya menciptakan manfaat ganda, termasuk menurunnya biaya produksi, manfaat lingkungan, dan pada saat yang sama bisa meningkatkan

produksi (Pannel dan Steven, 1997). Namun, Altieri (1995); Smith dan Smither (1993); Sharma (2006), Micolci (2008); Bianco (2016) dalam temuan penelitiannya menyatakan ternyata kondisi dilapang masih banyak dijumpai kendala untuk mengadopsi model pertanian berkelanjutan diantaranya :

Kondisi agro-klimat lokal. Heterogenitas lingkungan agroklimat mempunyai implikasi bahwa tidak terdapat satu pendekatan yang dapat diterapkan di seluruh dunia secara seragam. Teknik dan sistem yang berbeda diterapkan, dan diadaptasikan, dalam kondisi agroekologi yang berbeda, memberikan hasil yang berbeda. Faktor-faktor biofisik lokal atau regional seperti kualitas tanah dan karakteristik plot telah ditemukan menjadi faktor penentu penting untuk mengadopsi teknologi pengolahan tanah konservasi.

Ketersediaan biomassa. Adopsi praktek pertanian berkelanjutan oleh petani bergantung pada jumlah dan ketersediaan biomassa (misalnya sisa-sisa tanaman, kotoran hewan). Hal ini karena kebanyakan praktek pertanian berkelanjutan (seperti kontrol erosi, konservasi air, peningkatan kesuburan tanah, pengikatan karbon) berhubungan secara langsung dengan biomassa yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah. Kuantitas biomassa yang tersedia bagi petani kecil umumnya tidak mencukupi karena petani mempunyai sumberdaya yang terbatas (seperti lahan, ternak dan/atau tenaga kerja). Beberapa studi telah menemukan bukti bahwa kepemilikan ternak mempengaruhi adopsi penerapan kompos, sedangkan total lahan yang dimiliki dan tenaga kerja membatasi adopsi pengolahan tanah konservasi. Jadi, meskipun petani sadar akan terjadinya degradasi tanah dan lingkungan yang disebabkan tidak digunakannya biomassa untuk memperbaiki kualitas tanah, mereka mungkin masih memilih untuk mengalihkan biomassa yang langka itu untuk digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau sebagai makanan ternak karena mereka tidak mempunyai alternatif lain.

Insentif ekonomi. Insentif ekonomi penting dalam menentukan kelayakan ekonomi dari pertanian berkelanjutan. Tingkat keuntungan (dalam jangka pendek dan jangka panjang) dari praktek pertanian berkelanjutan akan mempengaruhi penyebarannya secara luas. Adopsi dan pendapatan ekonomi dari sebuah teknologi merupakan fungsi dari atau dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti harga, permintaan konsumen untuk pangan jenis tertentu, infrastruktur fisik, akses pasar, agro-ekologi dan karakteristik dari rumah tangga. Meningkatnya harga input akan mendorong adopsi praktek pertanian berkelanjutan karena petani akan menggantikan input eksternal dengan praktek yang seringkali lebih banyak menggunakan tenaga kerja dan sumberdaya yang tersedia secara lokal.

Pasar produk. Permintaan juga menjadi pendorong diadopsinya sebuah teknologi. Pengetahuan yang meningkat dan perbaikan jalur komunikasi akan mengarahkan konsumen untuk meningkatkan permintaannya. Pada saat yang sama, konsumen semakin meminta produk makanan yang diproduksi dengan menggunakan teknik konservasi sumberdaya alam, mengurangi tekanan terhadap lingkungan dan menaruh perhatian terhadap kelayakan untuk daerah perdesaan dan kesejahteraan hewan. Petani-petani di negara berkembang tidak terintegrasi dengan pasar input dan output. Biaya investasi yang dibayar di muka dan biaya transaksi dalam pembelajaran dalam mengembangkan atau adaptasi teknologi lama juga menjadi hambatan dalam mengadopsi teknologi ini, terutama di negara berkembang dimana pasar modal bersifat tak sempurna.

Akses Informasi. Akses terhadap informasi juga penting dalam menimbulkan kesadaran dan sikap terhadap adopsi teknologi. Ketidacukupan informasi tentang ketersediaan, manfaat bersih dari adopsi, dan detil teknis implementasi praktek pertanian berkelanjutan menjadi penghambat untuk mengadopsi teknologi ini. Kurangnya kesadaran terhadap besarnya masalah erosi tanah seperti juga

kurangnya pengetahuan tentang teknologi konservasi juga diidentifikasi sebagai dua hambatan utama petani dalam mengadopsi teknologi konservasi tanah dan air.

Kelembagaan. Kelembagaan juga merupakan aspek penting dalam memfasilitasi promosi dan adopsi praktek pertanian berkelanjutan. Penelitian terapan, pelayanan penyuluhan dapat menjadi jembatan untuk pengembangan, implementasi, dan adaptasi dari praktek-praktek seperti ini. Pendekatan partisipatoris yang ikut mempertimbangkan modal masyarakat (modal sosial) dalam implementasi teknologi telah diidentifikasi menjadi salah satu faktor penting dalam mempengaruhi adopsi dari praktek-praktek pertanian berkelanjutan. Kurangnya pelayanan penyuluhan yang layak telah diidentifikasi sebagai penghambat dari adopsi teknologi untuk meningkatkan produktivitas, dan dianggap sebagai salah satu kelemahan sistem penyampaian dalam penyuluhan. Untuk menjamin bahwa informasi yang tepat dan terkini telah disampaikan oleh para penyuluh, diperlukan pengembangan sistem pelatihan dan organisasi yang senantiasa meningkatkan kompetensi para penyuluh, terutama mengenai praktek-praktek bertani tidak konvensional seperti pertanian berkelanjutan. Dengan terbatasnya sumberdaya pemerintah dan tekanan keuangan yang dialami oleh institusi penyuluhan, adalah penting untuk mendorong kegiatan penyuluhan dari petani ke petani dengan melatih beberapa petani terpilih. Jaringan informal diantara para petani selalu menjadi saluran yang kuat untuk saling tukar menukar informasi dan menyebarkan pengetahuan. Ini berarti kelembagaan yang ada di perdesaan menjadi sangat penting untuk menjangkau petani semacam ini, memberi mereka dengan informasi, kredit dan pelayanan pemasaran.

Kendala Politik. Pada tingkat nasional dan internasional, kebijakan lingkungan mungkin agak kondusif bagi penyebarluasan praktek pertanian berkelanjutan. Pada awalnya, faktor yang mempengaruhi

rancangan kebijakan pertanian adalah tingkat kesadaran para pembuat keputusan tentang manfaat dari praktek pertanian berkelanjutan, yang diantaranya mewakili perubahan yang signifikan dari paradigma yang diterima sebelumnya. Sebagai tambahan, pertanian berkelanjutan dengan mengurangi input eksternal seperti pupuk dan bahan kimia lainnya untuk mengontrol gulma dan hama, mungkin akan menghadapi tantangan dari industri agrokimia dan aktor tradisional lainnya dalam rantai suplai input pertanian secara intensif.

A.6. Sistem Dinamik sebagai Simulasi Model mewujudkan Pertanian Berkelanjutan

A.6.1. Pendefinisian Sistem Dinamik

Sistem dinamis disusun dan dibangun pada akhir tahun 1950-an dan awal tahun 1960-an di Massachusetts Institute of Technology oleh Jay Forrester. Kedatangan sistem dinamis secara umum dianggap menjadi alat publikasi buku pionir Forrester, *Industrial Dynamics* pada tahun 1961. Dalam buku ini beliau mendefinisikan *Industrial Dynamics* sebagai penelitian tentang karakter informasi umpan balik pada sistem industri dan menggunakan model untuk merancang bentuk organisasi yang lebih baik dan penentuan kebijakan. Sistem dinamis adalah metode untuk memperkuat pembelajaran dalam sistem yang kompleks, dan sebagian, adalah sebagai metode untuk membentuk suatu management flight simulator, model simulasi komputer, untuk membantu kita mempelajari kompleksitas dinamis, mengerti sumber resistensi kebijakan, dan mendesain kebijakan yang lebih efektif. Dinamika atau perilaku sistem didefinisikan oleh strukturnya dan interaksi antar komponen-komponennya. Adapun konteks sistem dinamik telah diartikulasikan oleh beberapa pakar diantaranya adalah :

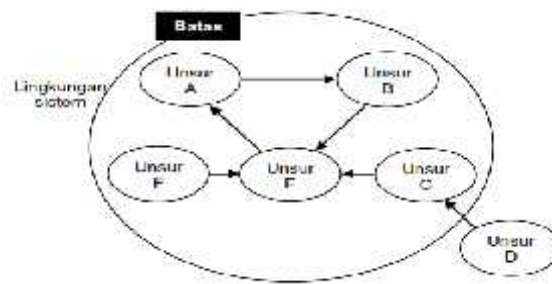
- a) Sistem dinamik adalah metodologi untuk memahami suatu masalah yang kompleks. Metodologi ini dititikberatkan pada kebijakan dan bagaimana kebijakan tersebut menentukan tingkah laku masalah-masalah yang dapat dimodelkan oleh sistem dinamik (Daalen dan Thissen, 2001).
- b) Sistem dinamik adalah suatu metode pendeskripsian kualitatif, pemahaman, dan analisis sistem kompleks dalam ruang lingkup proses, informasi, dan

struktur organisasi, yang memudahkan dalam simulasi pemodelan kuantitatif dan analisis kebijakan dari struktur sistem dan kontrol (Li, Suo dan Fei, 2012).

- c) Sistem dinamik adalah suatu metode analisis permasalahan dimana waktu merupakan salah satu faktor penting, dan meliputi pemahaman bagaimana suatu sistem dapat dipertahankan dari gangguan di luar sistem, atau dibuat sesuai dengan tujuan dari pemodelan sistem yang akan dibuat (Coyle, 1996).
- d) Sistem dinamik adalah suatu bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu. Sistem ini dibentuk oleh persamaan-persamaan diferensial. Persamaan diferensial digunakan untuk masalah-masalah biofisik yang diformulasikan sebagai keadaan di masa datang yang tergantung dari keadaan sekarang (Forrester, 1999).

Berpijak dari pendefinisian diatas maka disimpulkan sistem dinamik (*dynamics system*) merupakan metode untuk meningkatkan pemahaman dalam sistem yang kompleks. Sistem dinamik adalah sebuah model yang dapat membantu dalam mempelajari kompleksitas yang berubah terhadap waktu. Memahami sumber pembuatan kebijakan, dan merancang kebijakan yang lebih efektif. Sistem dinamik adalah sesuatu yang berhubungan dengan bagaimana segala sesuatu berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan Gambar 2.5. (Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001).

Sistem dinamik dapat diaplikasikan menggunakan simulasi komputer untuk mengambil pengetahuan yang telah dipahami serta memperlihatkan mengapa sistem sosial dan fisik kita berperilaku sebagaimana terjadi saat ini. Fungsi penting dalam perencanaan dengan metode sistem dinamik adalah kita dapat mengetahui terlebih dahulu sistem yang belum terjadi pada rentang waktu sepuluh tahun kedepan atau biasa disebut proyeksi (Saysel, *et.al.* 2002). Dengan mengetahui keadaan yang belum terjadi tersebut maka akan didapat kebijakan yang tepat mengenai penanganan sistem tersebut. Sehingga sistem berjalan sebagaimana yang dikehendaki. Dalam mencapai tujuan tersebut maka dibutuhkan variabel penentu yang dilihat pada sepuluh tahun kebelakang.



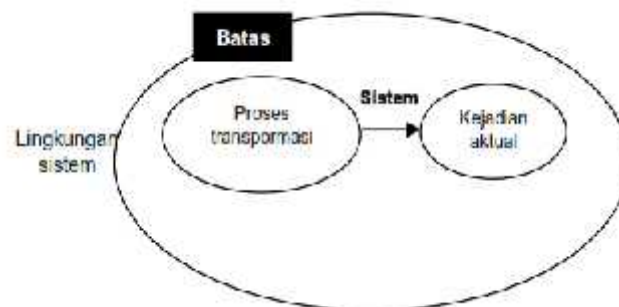
Gambar 2.5. Sistem (Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001)

A.6.2. Langkah-Langkah Pemikiran Sistemik

Berdasarkan adanya pemahaman tentang kejadian sistemik tersebut, maka terdapat lima langkah yang dapat ditempuh untuk menghasilkan bangunan pemikiran/ model yang bersifat sistemik, yaitu : 1). Identifikasi proses menghasilkan kejadian nyata, 2). Identifikasi kejadian yang diinginkan, 3). Identifikasi kesenjangan antara kenyataan dengan keinginan, 4). Identifikasi dinamika menutup kesenjangan, 5). Analisis kebijakan.

1. Identifikasi Proses Menghasilkan Kejadian Nyata

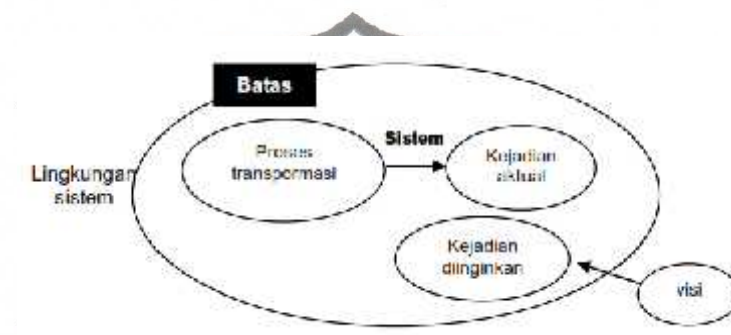
Identifikasi proses yaitu mengungkapkan pemikiran tentang proses nyata (*actual transformation*) yang menimbulkan kejadian nyata (*actual state*). Proses nyata tersebut merujuk kepada obyektivitas aktual. Gambar 2.6. di bawah menunjukkan identifikasi proses menghasilkan kejadian nyata.



Gambar 2.6. Identifikasi Proses Menghasilkan Kejadian Nyata (Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001)

2. Identifikasi Kejadian Yang Diinginkan

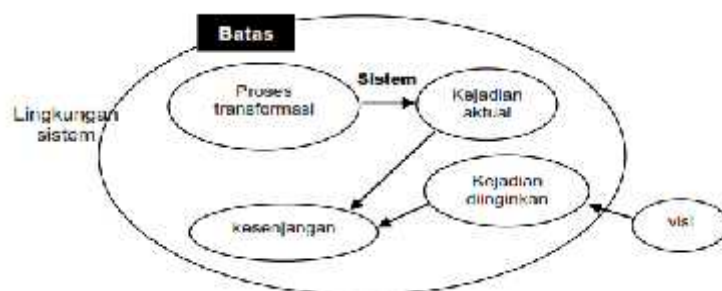
Identifikasi kejadian yang diinginkan adalah upaya memikirkan kejadian yang seharusnya, yang diinginkan, yang dituju, atau yang direncanakan (*desired state*). Keinginan atau rencana tersebut merujuk kepada waktu yang akan datang, pandangan kedepan (visi). Visi perlu dirumuskan dengan kriteria yang layak (*feasible*) dan dapat diterima (*acceptable*) sesuai dengan Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Identifikasi Kejadian Yang Diinginkan
(Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001)

3. Identifikasi Kesenjangan Antara Kenyataan dengan Keinginan

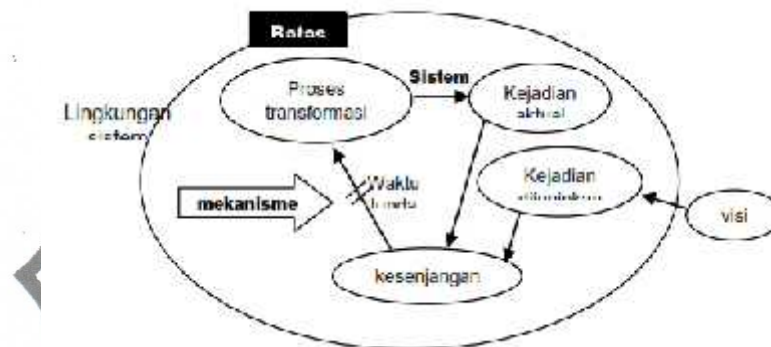
Identifikasi kesenjangan antara kenyataan dengan keinginan adalah memikirkan tingkat kesenjangan antara kejadian aktual dengan seharusnya. Kesenjangan tersebut adalah masalah yang harus dipecahkan dan merupakan tugas (misi) yang harus diselesaikan. Perumusan masalah tersebut secara konkrit, artinya dapat dinyatakan dalam ukuran kuantitatif maupun kualitatif. Gambar 2.8. di bawah menunjukkan identifikasi kesenjangan antara kenyataan dengan keinginan.



Gambar 2.8. Identifikasi Kesenjangan antara Kenyataan dengan Keinginan
(Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001)

4. Identifikasi Dinamika Menutup Kesenjangan

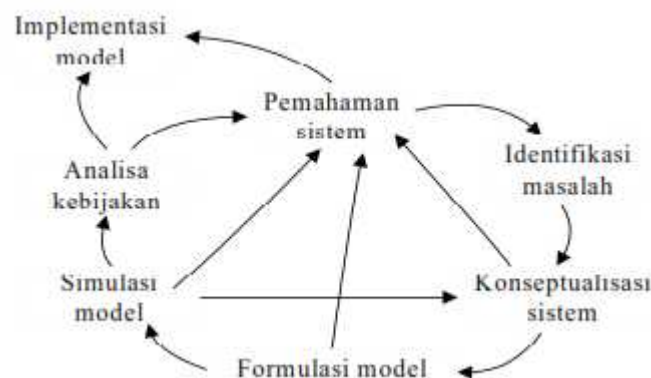
Identifikasi dinamika menutup kesenjangan adalah identifikasi mekanisme tentang dinamika variabel-variabel untuk mengisi kesenjangan antara kejadian nyata dengan kejadian yang diinginkan. Dinamika tersebut adalah aliran informasi tentang keputusan-keputusan yang telah bekerja dalam sistem. Keputusan-keputusan tersebut pada dasarnya adalah pemikiran yang dihasilkan melalui proses pembelajaran (*learning*). Pola identifikasi dilihat Gambar 2.9. berikut.



Gambar 2.9. Identifikasi Dinamika Menutup Kesenjangan
(Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001)

5. Analisis Kebijakan

Analisis kebijakan yaitu menyusun alternatif tindakan atau keputusan (policy) yang akan diambil untuk mempengaruhi proses nyata (aktual transpormation) sebuah sistem dalam menciptakan kejadian nyata (aktual state). Keputusan tersebut dimaksudkan untuk mencapai kejadian yang diinginkan (desired state). Gambar 2.10. di bawah menunjukan pola analisis kebijakan.






Gambar 2.10. Perencanaan Kebijakan dengan Pendekatan Sistem Dinamik
(Widayani, 1999)

6. Diagram Simpal Kausal

Studi sistem dinamik akan menghasilkan diagram kausalitas berulang (*causal-loop*) untuk pemetaan proses umpan balik dan penggambaran perilaku umum dari suatu sistem. Metode pemodelan memang tidak bisa dipakai untuk menggantikan gagasan-gagasan kritis, tetapi dapat digunakan sebagai alat untuk meningkatkan kualitas intuisi dan pengambilan keputusan sehingga tercipta sistem yang sangat handal (Muhammadi, Aminullah, Soesilo, 2001; Li, *et.al*, 2012).

Diagram simpal kausal adalah pengungkapan tentang kejadian hubungan sebab-akibat (*causal relationship*) ke dalam bahasa gambar tertentu. Bahasa gambar tersebut merupakan panah yang saling mengait menghubungkan dua variabel terikat sehingga membentuk sebuah diagram simpal kausal (*causal loop*). Garis panah menyatakan hubungan interaksi dari kedua variabel tersebut, dimana hulu panah mengungkapkan sebab dan ujung panah mengungkapkan akibat seperti pada Tabel 2.4. (Niazi, *et.al.*, 2014).

Tabel 2.4. Diagram Simpal Kausal

Simbol	Nama	Definisi
	Panah	Menunjukkan arah hubungan antara dua variabel.
	Rate/Nilai	Tingkat (atau variabel mengalir), juga disebut sebagai variabel aliran, merupakan perubahan per satuan waktu dari variabel; tanda awan di akhir atau awal tingkat mewakili sumber. Tanda cloud dapat digantikan oleh tingkat, menyebabkan pengurangan atau akumulasi pada setiap langkah waktu.
	Tingkat	Juga disebut akumulasi dan stok
Variabel Auxiliary	Variabel Auxiliary	Mendukung variabel yang konstan.




Sumber : Niazi, *et.al.*, (2014).


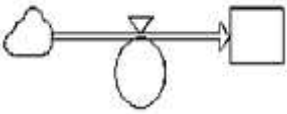


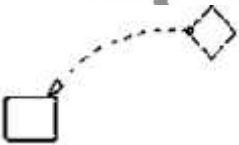
commit to user

A.6.3. Powersim Studio sebagai *System Dynamic Symulation*

Model sistem dinamik dapat dinyatakan dan dipecahkan secara numerik dalam sebuah bahasa pemrograman. Perangkat lunak khusus untuk sistem dinamik telah banyak tersedia seperti Dynamo, Stella, Powersim, Vensim, Ithink, dan sebagainya. Pemilihan Powersim sebagai perangkat lunak untuk simulasi model adalah karena kemudahan dan kecanggihannya yang terus berkembang. Powersim mampu dalam pengambilan keputusan model kualitatif kedalam bentuk grafik dari satu atau lebih variabel terhadap waktu, dan ini yang menjadi dasar pembeda dengan *software* lainnya. Powersim Studio dapat membantu membuat sebuah sistem model dengan berbagai hubungan sebab-akibat, umpan balik, dan penundaan secara grafis. Berbagai symbol yang merepresentasikan level, flows, dan variabel pembantu (disebut auxiliaries) digunakan untuk membuat representasi grafis dari sebuah sistem dalam diagram constructor. Aliran (flows) merepresentasikan hubungan dan interkoneksi. Selain itu, struktur sistem sekompleks apapun dapat dipresentasikan di Studio dengan menggunakan tipe-tipe variabel dan hubungan yang telah disebutkan sebelumnya. Software Powersim Studio 2010 elemen-elemen untuk membangun sebuah diagram alir sesuai pada Tabel 2.5. adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5. Elemen-elemen Diagram Alir pada Powersim

Simbol	Penjelasan
	<i>Level</i> : merupakan variabel yang menyatakan akumulasi dari sejumlah benda (nouns) seperti orang, uang, inventori, dan lain-lain, terhadap waktu. "Level" dipengaruhi oleh variabel "rate" dan dinyatakan dengan simbol persegi panjang. Pada bagian bawah simbol variabel "level" menunjukkan nama variabel
	<i>Auxiliary</i> : merupakan variabel tambahan untuk menyederhanakan hubungan informasi antara "level" dan "rate". Seperti variabel "level", variabel "auxiliary" juga dapat digunakan untuk menyatakan sejumlah benda (nouns). Simbol "auxiliary" dinyatakan dengan sebuah lingkaran.
	<i>Constant</i> : merupakan input bagi persamaan "rate" baik secara langsung maupun melalui "auxiliary". "Konstanta" menyatakan nilai parameter dari sistem real. Simbol "konstanta" dinyatakan dengan segiempat

Simbol	Penjelasan
	<i>Cloud</i> : merupakan lambing sumber yang akan dipakai atau telah terpakai, dan juga sebagai lambing batasan model.
	<i>Rate/flows</i> : merupakan suatu aktivitas, pergerakan (movement), atau aliran yang berkontribusi terhadap perubahan per satuan waktu dalam suatu variabel "level". Dalam Powersim symbol "rate" dinyatakan dengan kombinasi antara "flow" dan "auxiliary". Simbol ini harus terhubung dengan sebuah variabel "level".
	<i>Information Link</i> : memberikan informasi ke variabel auxiliary tentang nilai variabel yang lain
	<i>Delayed Info Link</i> : digunakan untuk memberikan fungsi delay atau penundaan pada variabel auxiliary
	<i>Initialization Link</i> : merupakan link inisiasi yang memberikan info awal ke variabel level tentang nilai variabel lainnya.

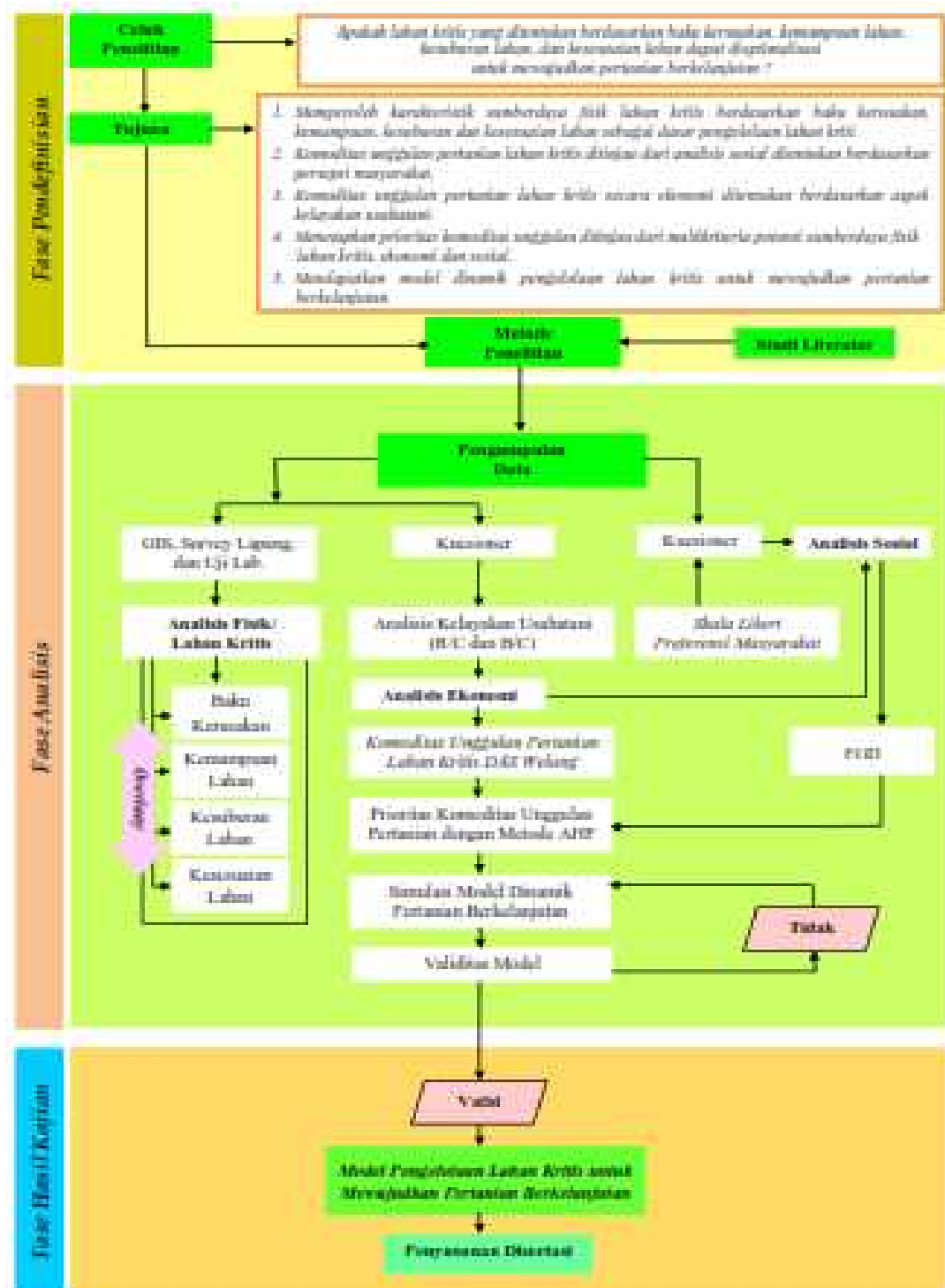
Sumber : Powersim Studio User's Guide.

B. Kerangka Berfikir

Lahan kritis merupakan salah satu indikator adanya degradasi (penurunan kualitas) lahan sebagai dampak dari berbagai jenis pemanfaatan sumber daya lahan yang tidak sesuai dengan peruntukannya sebagai media produksi ataupun media tatanan air. Penurunan kualitas lahan berakibat pada produktifitas lahan oleh karena itu diperlukan kegiatan identifikasi dan evaluasi untuk menduga potensi sumberdaya lahan dalam berbagai pemanfaatannya. Identifikasi dan evaluasi sifat fisik dan kimia lahan pertanian digunakan untuk menilai kesesuaian lahan bagi penggunaan komoditas tanaman yang unggul sejalan dengan produktifitas lahan tidak mengalami penurunan. Komoditas unggulan merupakan komoditas yang memiliki nilai strategis berdasarkan pertimbangan fisik (kondisi tanah dan iklim). Analisis sosial juga diperlukan untuk diidentifikasi pengembangan komoditas berbasis wilayah dengan harapan diterima dengan baik oleh masyarakat setempat.

Analisis usahatani merupakan kerangka kerja yang mendukung penyelesaian permasalahan finansial yang berkaitan dengan kelayakan pemanfaatan lahan untuk komoditas pertanian pada tipe penggunaan lahan yang diinginkan. Setelah tercapai komoditas unggulan maka dirasa penting, fokus pengembangan terhadap komoditas tersebut menurut prioritas pendukung yang ditetapkan. Melalui pendekatan diskusi pakar dan *stakeholder* maka dapat diketahui prioritas komoditas pertanian lahan kritis untuk perencanaan pertanian berkelanjutan di masa mendatang.

Pertanian berkelanjutan merupakan pendekatan efektif untuk mensinergikan pengembangan potensi wilayah dalam konteks pengambilan kebijakan, sehingga nilai tambah pertanian berkelanjutan dapat dinikmati semua unsur masyarakat. Mencermati permasalahan di atas, maka dipandang perlu untuk menemukan model kebijakan yang mampu mengoptimalkan pengembangan potensi wilayah DAS Welang berbasis sumberdaya lokal guna pertumbuhan ekonomi. Hasil simulasi model diilustrasikan kedalam diagram multifaktor sebagai arahan kebijakan pengelolaan lahan kritis untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan. Adapun lebih jelasnya mengenai alur pikir dalam penelitian ini tampak pada Gambar 2.11. sebagai berikut :



Gambar 2.11. Bagan Alir Penelitian

C. Hipotesis

1. Potensi sumber daya fisik lahan kritis berdasarkan baku kerusakan, kemampuan, kesuburan, dan kesesuaian lahan merupakan dasar pengelolaan lahan pertanian berkelanjutan.
2. Analisis sosial berdasarkan persepsi masyarakat dapat digunakan untuk menentukan komoditas unggulan di lahan kritis.
3. Komoditas unggulan pertanian lahan kritis ditentukan secara ekonomi berdasarkan perhitungan aspek kelayakan usahatani.
4. Prioritas multifaktor komoditas unggulan pertanian ditentukan secara tepat dengan metode AHP.
5. Model pengelolaan lahan kritis untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan disimulasikan secara baik dengan sistem dinamik.

