

*Pelatihan Perencanaan Kehutanan
Berbasis Penataan Ruang*

Modul 3

SISTEM DAN MODEL

Oleh :
*Forum Kajian Kebijakan Sspasial Kehutanan
P4W*

BADAN PLANOLOGI KEHUTANAN

2006

SISTEM DAN MODEL¹⁾

Oleh: Suwanto

Tujuan Instruksional Khusus:

Setelah mengikuti pelatihan ini, peserta pelatihan akan dapat:

1. menjelaskan perbedaan pengertian sistem dan model,
2. menentukan jenis dan klasifikasi model,
3. menjelaskan tentang permodelan sistem

I. PENGERTIAN SISTEM DAN MODEL

Suatu sistem didefinisikan sebagai himpunan atau kombinasi dari bagian-bagian yang membentuk sebuah kesatuan yang kompleks. Namun tidak semua kumpulan dan gugus bagian dapat disebut suatu sistem kalau tidak memenuhi syarat adanya kesatuan (*unity*), hubungan fungsional, dan tujuan yang berguna. Suatu kawasan dengan berbagai sumber daya dan aktivitas di dalamnya merupakan suatu sistem yang kompleks. Dalam penataan ruang suatu kawasan jelas ketiga syarat tersebut dapat dipenuhi, tata ruang yang berbasis lahan merupakan suatu kesatuan yang didalamnya terdapat hubungan fungsional antarsektor atau bagian dalam mencapai tujuan optimalisasi pemanfaatan tata ruang suatu kawasan. Hubungan fungsional tersebut tercermin pada hubungan antara kondisi sosial, ekonomi, dan biofisik kawasan. Ketiga kondisi akan saling mempengaruhi dengan fungsi-fungsi yang dapat dijelaskan. Kondisi sosial, sebagai contoh adalah perubahan kondisi kependudukan akan mempengaruhi aktivitas ekonomi yang selanjutnya berpengaruh pada penggunaan ruang yang akan mengubah kondisi biofisik kawasan.

Model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah obyek atau situasi aktual. Model memperlihatkan hubungan-hubungan langsung maupun tidak langsung serta kaitan timbal balik dalam istilah sebab akibat. Oleh karena suatu model adalah abstraksi dari realitas, pada wujudnya kurang kompleks daripada realitas itu sendiri. Jadi,

1). Makalah disampaikan pada Pelatihan Penyusunan Produk Domestik Regional Bruto(Pdrb) Hijau Dan Perencanaan Kehutanan Berbasis Penataan Ruang. Badan Planologi Kehutanan, Departemen Kehutanan. Bogor 4 – 9 Juni 2006

model adalah suatu penyederhanaan dari suatu realitas yang kompleks. Model dikatakan lengkap apabila dapat mewakili berbagai aspek dari realitas yang sedang dikaji. Sebagai contoh, boneka adalah model dari bentuk manusia; boneka yang dapat tertawa, menangis, dan berjalan adalah model manusia yang lebih lengkap, tidak hanya mewakili bentuk tetapi juga beberapa perilaku manusia.

II. PENDEKATAN SISTEM DALAM PENYUSUNAN TATA RUANG

Kenyataan yang mendasar dari persoalan aktual tata ruang adalah kompleksitas, dimana unitnya adalah keragaman. Oleh karena itu, keragaman yang begitu besar tidak mungkin dikaji atau dikendalikan oleh satu atau dua metode spesifik saja. Dalam hal ini, teori sistem menyatakan bahwa kesisteman adalah suatu meta-konsep atau meta-disiplin, formalitas dan proses dari keseluruhan disiplin ilmu dan pengetahuan sosial dapat dipadukan dan berhasil. Karena sistem selalu mencari keterpaduan antarbagian melalui pemahaman yang utuh, maka perlu suatu kerangka fikir yang dikenal sebagai pendekatan sistem (*system approach*) dalam penataan ruang suatu kawasan.

Pendekatan sistem dalam penataan ruang suatu kawasan adalah cara penyelesaian persoalan yang dimulai dengan dilakukannya *identifikasi terhadap adanya sejumlah kebutuhan-kebutuhan ruang* sehingga dapat menghasilkan suatu operasi dari sistem tata ruang yang dianggap efektif. Dalam pendekatan sistem umumnya ditandai oleh dua hal, yaitu (1) mencari semua faktor yang penting yang ada dalam mendapatkan solusi yang baik untuk menyelesaikan masalah dan (2) dibuat suatu model kuantitatif untuk membantu keputusan secara rasional. Untuk dapat bekerja sempurna suatu pendekatan sistem mempunyai delapan unsur yang meliputi (1) metodologi untuk perencanaan dan pengelolaan, (2) suatu tim yang multidisipliner, (3) pengorganisasian, (4) disiplin untuk bidang yang non-kuantitatif, (5) teknik model matematik, (6) teknik simulasi, (7) teknik optimasi, dan (8) aplikasi komputer.

Salah satu unsur yang penting adalah aplikasi manajerial pada metodologi perencanaan, pengendalian, dan pengelolaan sistem. Proses tersebut melalui beberapa tahap yang dimulai dengan *mendefinisikan kebutuhan*, memformulasikan masalah, sintesa dari alternatif pemecahan masalah, kelayakan dari alternatif, metode untuk memperoleh alternatif yang ada, rancangan yang optimal, dan operasionalisasi sistem.

Dalam pelaksanaannya, pendekatan sistem memerlukan kerja lintas disiplin dan atau suatu tim yang multidisipliner. Tim ini terdiri dari beberapa pakar dan praktisi berbagai fungsi yang berlainan. Tim ini secara bersama-sama melaksanakan pendekatan sistem untuk memecahkan perihal yang dihadapi. Dengan adanya berbagai disiplin atau keahlian yang berbeda fungsi yang kemudian membentuk suatu tim yang multidisipliner, maka agar tersebut bekerja secara sempurna perlu adanya *komunikasi interpersonal* dan *pengorganisasian*. Adanya pengorganisasian yang sempurna menyebabkan tim tersebut dapat melaksanakan aktivitas secara efektif, terutama dalam alokasi sumber daya manusia dan potensi fisik selama menjalankan suatu perencanaan dari operasi sistem.

Teknik model matematik sebagai unsur penting dalam penyusunan model abstrak yang representatif bagi sistem patut dipelajari. Hal ini terutama dalam mempelajari perilaku sistem (*system behaviour*) dan menunjang rasionalisasi keputusan yang berhubungan dengan perihal yang dihadapi.

Perilaku sistem diartikan sebagai status sistem dalam suatu periode waktu tertentu. Perubahan status sistem tersebut dapat diamati melalui dinamika outputnya. Status sistem dapat berkeadaan *transien* yaitu adanya perubahan output di setiap satuan waktu atau berkeadaan berkesinambungan (*steady state*) yaitu adanya keseimbangan aliran masuk dan keluar. Status sistem juga berkaitan dengan apakah tertutup (*closed system*) dimana interaksi dengan lingkungan sangat kecil sehingga bisa diabaikan, dan atau terbuka (*open system*) dimana paling sedikit satu elemennya berinteraksi dengan lingkungannya.

Disamping sejumlah hal-hal yang nyata dapat dikuantitatifkan, juga harus diperhatikan adanya pemikiran yang bersifat non-kuantitatif (*non-quantitative thinking*) dimana hal ini tidak dapat digantikan oleh suatu 'model mental'. Berdasarkan pengalaman, hal tersebut timbul bersama-sama dengan hal-hal yang nyata atau fisik.

Teknik simulasi biasanya berguna bila ahli sistem memiliki program komputer atau model fungsi lainnya dimana dapat menyusun suatu rancangan strategi untuk melaksanakan manajemen.

Teknik optimisasi adalah pengkajian dimana diinginkan suatu batas kritis maksimum atau minimum dari suatu sistem yang berjalan, karena sistem tersebut tidak bisa lepas dari adanya pengaruh-pengaruh yang bersifat fisik maupun sosial yang berasal dari kondisi lingkungan dimana sistem tersebut berada.

Dalam melakukan pendekatan sistem dapat dengan menggunakan komputer atau tanpa menggunakan komputer. Akan tetapi adanya fasilitas komputer memudahkan penggunaan model dan teknik simulasi dalam sistem, terutama dalam menghadapi masalah yang cukup luas dan kompleks dimana banyak sekali peubah, data dan interaksi-interaksi yang mempengaruhi, seperti halnya dalam penataan ruang suatu kawasan.

III. PERMODELAN SISTEM

Permodelan merupakan kumpulan aktivitas pembuatan model. Sebagai landasan pengertian permodelan diperlukan suatu penelaan tentang model itu sendiri secara spesifik ditinjau dari pendekatan sistem. Sebelum sampai pada tahap permodelan, perlu diketahui lebih dahulu jenis dan klasifikasi model-model secara terperinci.

Salah satu dasar utama untuk mengembangkan model adalah guna menemukan peubah-peubah apa yang penting dan tepat. Penemuan peubah-peubah tersebut sangat erat hubungannya dengan pengkajian hubungan-hubungan yang terdapat diantara peubah-peubah. Teknik kuantitatif seperti persamaan regresi dan simulasi digunakan untuk mempelajari keterkaitan antarpeubah dalam sebuah model.

3.1. Jenis Model

Klasifikasi perbedaan dari model memberikan penambahan pendalaman pada tingkat kepentingannya, karena dapat dijelaskan dalam banyak cara. Model dapat dikategorikan menurut jenis, dimensi, fungsi, tujuan pokok pengkajian atau derajat keabstrakannya. Kategori umum adalah jenis model yang pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi (1) ikonik, (2) analog, dan (3) simbolik.

1. Model Ikonik

Model ikonik adalah perwakilan fisik dari beberapa hal baik dalam bentuk ideal ataupun dalam skala yang berbeda. Model ikonik mempunyai karakteristik yang sama dengan hal yang diwakili, dan terutama amat sesuai untuk menerangkan kejadian pada waktu yang spesifik. Model ikonik dapat berdimensi dua (foto, peta, cetak biru) atau tiga dimensi (prototip mesin, alat). Apabila model berdimensi lebih dari tiga dimensi maka tidak mungkin lagi dikonstruksi secara fisik sehingga diperlukan kategori model simbolik.

2. Model Analog (Model Diagramatik)

Model analog dapat mewakili situasi dinamik, yaitu keadaan berubah menurut waktu. Model ini lebih sering dipakai daripada model ikonik karena kemampuannya untuk mengetengahkan karakteristik dari kejadian yang dikaji. Model analog banyak berkesesuaian dengan penjabaran hubungan kuantitatif antara sifat dan klas-klas yang berbeda. Dengan melalui transformasi sifat menjadi analognya, maka kemampuan membuat perubahan dapat ditingkatkan. Contoh model analog ini adalah kurva permintaan, kurva distribusi frekuensi pada statistik, dan diagram alir.

3. Model Simbolik (Model Matematik)

Pada hakekatnya, ilmu sistem memusatkan perhatian kepada model simbolik sebagai perwakilan dari realitas yang sedang dikaji. Format model simbolik dapat berupa bentuk angka, simbol, dan rumus. Jenis model simbolik yang umum dipakai adalah suatu persamaan (*equation*).

Bentuk persamaan adalah tepat, singkat, dan mudah dimengerti. Simbol persamaan tidak saja mudah dimanipulasi daripada kata-kata, namun juga lebih cepat ditangkap maksudnya. Suatu persamaan adalah bahasa universal pada penelitian operasional dan ilmu sistem, dimana dipakai suatu logika simbolis.

Permodelan mencakup suatu pemilihan dari karakteristik dari perwakilan abstrak yang paling tepat pada situasi yang terjadi. Pada umumnya, model matematis dapat

diklasifikasikan menjadi dua bagian. Suatu model adalah bisa statis atau dinamik. **Model statik** memberikan informasi tentang perubahan-perubahan model hanya pada titik tunggal dari waktu. **Model dinamik** mampu menelusuri jalur waktu dari perubahan-perubahan model. Model dinamik lebih sulit dan mahal pembuatannya, namun memberikan kekuatan yang lebih tinggi pada analisis dunia nyata.

Pemilihan model tergantung pada tujuan dari pengkajian sistem dan terlihat jelas pada formulasi permasalahan pada tahap evaluasi kelayakan. Sifat model juga tergantung pada teknik permodelan yang dipakai. Model yang berdasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidakmenentuan (uncertainty) disebut **model probabilistik** atau **model stokastik**. Dalam mengkaji suatu sistem, model ini *sering dipakai karena peribah yang dikaji umumnya mengandung keputusan yang tidak tentu*. Kebalikan dari model ini adalah model kuantitatif yang tidak mempertimbangkan peluang kejadian, dikenal sebagai **model deterministik**. Contohnya adalah model pada program linear dan PERT. Model ini *memusatkan penelaahannya pada faktor-faktor kritis yang diasumsikan mempunyai nilai eksak dan tertentu pada waktu yang spesifik*. Model probabilistik *biasanya mengkaji ulang data atau informasi terdahulu untuk menduga peluang kejadian tersebut pada keadaan sekarang atau yang akan datang dengan asumsi terdapat relevansi pada jalur waktu*.

Pada beberapa peribah, sebuah model dibuat hanya untuk semacam deskripsi matematis dari kondisi dunia nyata. Model ini disebut **model deskriptif** dan banyak dipakai untuk mempermudah penelaahan suatu permasalahan. Model ini dapat diselesaikan secara eksak serta *mampu mengevaluasi hasilnya dari berbagai pilihan data input*. Apabila perbandingan antar alternatif dilakukan, maka model disebut **model optimalisasi**. *Solusi dari model optimalisasi adalah merupakan nilai optimum yang tergantung pada nilai input*, contohnya adalah Non-linear programming.

Bilamana sistem telah *diekspresikan pada notasi matematik dan format persamaan*, timbulah keuntungan dari fasilitas manipulatif dari matematik. Seorang analis dapat memasukkan nilai-nilai yang berbeda dalam model matematik dan kemudian mempelajari perilaku dari sistem tersebut. Pada pengkajian tertentu, sensitivitas dari sistem dilakukan dengan perubahan dari input sistem itu sendiri. Bahasa simbolik ini juga membantu dalam komunikasi karena pernyataan yang singkat dan jelas daripada deskripsi lisan.

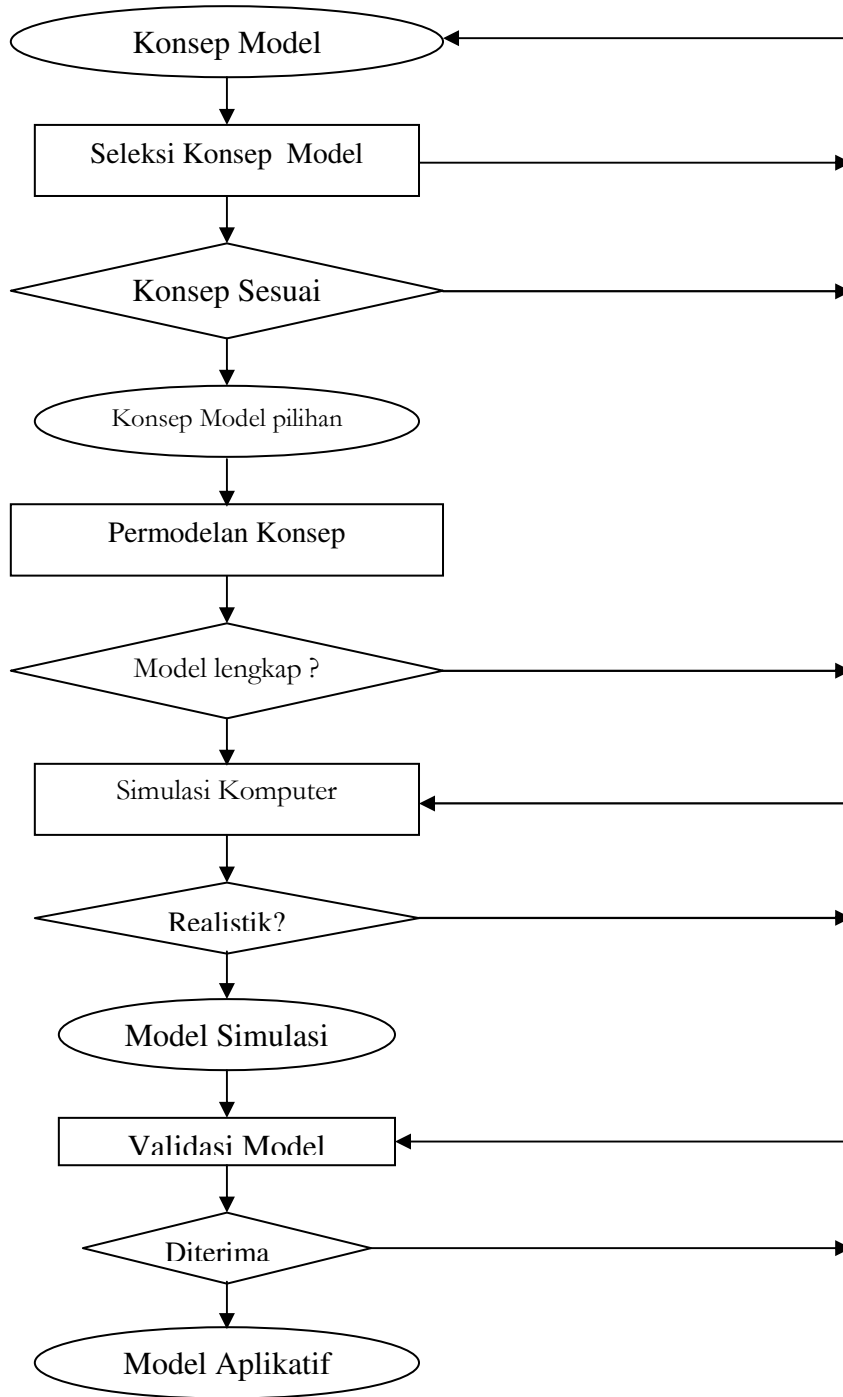
3.2. Tahapan Permodelan

Permodelan diawali dengan menguraikan seluruh komponen yang akan mempengaruhi efektivitas dari operasi suatu sistem. Setelah daftar komponen tersebut lengkap, langkah selanjutnya adalah penyaringan komponen mana yang akan dipakai dalam pengkajian tersebut. Hal ini umumnya sulit karena adanya interaksi antarpeubah yang seringkali mengaburkan proses isolasi satu peubah. Peubah yang dipandang tidak penting ternyata mempengaruhi hasil studi setelah proses pengkajian selesai. Untuk menghindari hal ini, diperlukan percobaan pengujian data guna memilih konponen kritis. Setelah itu, dibentuk gugus persamaan yang dapat dievaluasi dengan mengubah-ubah komponen tertentu pada batas yang ada.

Pada pendekatan sistem, tahap permodelan lebih kompleks namun relatif tidak banyak ragamnya ditinjau baik dari jenis sistem ataupun kecanggihan model. Diagram alir proses permodelan diskemakan pada Gambar 1. Permodelan abstrak menerima input berupa alternatif sistem yang layak. Proses ini membentuk dan mengimplemetasikan model-model matematik yang dimanfaatkan guna merancang program terpilih untuk dipraktekkan di dunia nyata pada tahap berikutnya. Output utama dari tahap ini adalah deskripsi terperinci dari keputusan yang diambil berupa perencanaan, pengendalian, dan kebijakan lainnya. Secara berurutan penjelasan pengertian dan tata laksana tahap-tahap permodelan abstrak adalah seperti diuraikan di bawah ini.

1. Tahap Seleksi Konsep

Tahap awal dari permodelan abstrak adalah melakukan seleksi alternatif konsepsi dari tahap evaluasi kelayakan. Seleksi dilakukan untuk menentukan alternatif-alternatif mana yang bermanfaat dan bernilai cukup untuk dilakukan permodelan abstraknya. Hal ini erat kaitannya dengan biaya dan kinerja dari sistem yang dihasilkan. Interaksi dengan para pengambil keputusan serta pihak lain yang amat terlibat pada sistem tata ruang, adalah penting dilakukan pada tahap seleksi ini.



Gambar 1. Diagram Proses Permodelan

2. Tahap Rekayasa Model

Langkah mula dari permodelan adalah menetapkan jenis model abstrak yang akan diterapkan, sejalan dengan tujuan dan karakteristik sistem. Setelah itu, tugas tahap permodelan terpusat pada pembentukan model abstrak yang realistik. Dalam hal ini ada dua cara pendekatan untuk membentuk suatu model abstrak, yang pada beberapa kasus tertentu kedua pendekatan dapat dipakai secara bersama-sama.

a. Pendekatan Kotak Gelap

Identifikasi model suatu sistem dilakukan dari informasi yang menggambarkan perilaku terdahulu dari sistem yang sedang berjalan (*past behaviour of the existing system*). Melalui berbagai teknik statistik dan matematik, model diturunkan dimana dicari yang paling cocok (*fit*) pada data operasional. Sebagai contoh adalah *model ekonometrik pada pengkajian ilmu-ilmu sosial*. Metode ini tidak banyak bergunapada perancangan sistem yang kenyataannya belum ada, dimana tujuan sistem masih berupa konsep.

b. Pendekatan Struktur

Metode ini dimulai dengan mempelajari secara teliti struktur sistem dari teori-teori guna menentukan komponen basis sistem serta keterkaitannya. Melalui permodelan karakteristik dari komponen sistem serta kendala-kendala yang disebabkan adanya keterkaitan antarkomponen, maka model keseluruhan secara berantai dibentuk. Pendekatan struktur banyak dipakai pada rancang bangun dan pengendalian sistem fisik dan non fisik, yang dapat diterapkan pula dalam penyusunan tata ruang kawasan.

3. Tahap Implementasi Komputer

Pemakaian komputer sebagai pengolah data dan penyimpan data tidak dapat diabaikan dalam pendekatan sistem. Pada tahap ini, model abstrak diwujudkan pada berbagai bentuk persamaan, diagram alir, dan diagram blok. Tahap ini seolah-olah

membentuk model dari suatu model, yaitu tingkat abstraksi lain yang ditarik dari dunia nyata. Hal yang penting di sini adalah memilih teknik dan bahasa komputer yang digunakan untuk implementasi model. Kebutuhan ini akan mempengaruhi (1) ketelitian hasil komputasi, (2) biaya operasi model, (3) kesesuaian dengan komputer yang tersedia, dan (4) efektivitas proses pengambilan keputusan yang akan menggunakan hasil model tersebut.

Setelah program komputer dibuat untuk model abstrak dimana format/output telah dirancang serta memadai, selanjutnya adalah tahap pembuktian (*verifikasi*) bahwa model komputer tersebut mampu melakukan simulasi dari model abstrak yang dikaji.

4. Tahap Validasi

Validasi model adalah usaha menyimpulkan apakah model sistem tersebut merupakan perwakilan yang sah dari realitas yang dikaji dimana dapat dihasilkan kesimpulan yang meyakinkan. Validasi adalah suatu proses iteratif yang berupa pengujian berturut-turut sebagai proses penyempurnaan model komputer.

Umumnya validasi dimulai dengan uji sederhana seperti (1) tanda aljabar, (2) tingkat kepangkatan dari besaran, (3) format respons (linear, eksponensial, logaritmik, dan sebagainya), (4) arah perubahan peubah apabila input atau parameter diganti-ganti, dan (5) nilai batas peubah sesuai dengan nilai batas parameter sistem.

Setelah uji-uji tersebut, dilakukan pengamatan lanjutan sesuai dengan jenis model. Apabila model menyatakan sistem yang sedang berjalan (*existing system*), dipakai uji statistik untuk mengetahui kemampuan model didalam mereproduksi perilaku terdahulu dari sistem. Uji statistik ini dapat memakai perhitungan koefisien determinasi, pembuktian hipotesa melalui analisis ragam dan sebagainya. Seringkali ditemukan kesulitan pada tahap ini karena kurangnya data yang tersedia atau sempitnya waktu yang tersedia guna melakukan validitas. Pada permasalahan yang kompleks dan mendesak, disarankan proses validasi *partial*, yang tidak dilakukan pengujian keseluruhan model sistem. Hal ini mengakibatkan rekomendasi untuk pemakaian model yang terbatas (*limited application*) dan bila perlu menyarankan model pada pengkajian selanjutnya.

Apabila model abstrak digunakan untuk merancang sistem yang belum ada, teknik statistik di atas tidak berlaku. Validitas model hanya bergantung pada bermacam teori dan asumsi yang menentukan struktur dari format persamaan pada model serta nilai-nilai yang ditetapkan pada parameter model. Umumnya disarankan untuk melakukan uji sensitivitas dan koefisien model melalui iterasi simulasi pada model komputer. Di sini dipelajari dampak perubahan koefisien model terhadap output sistem. Informasi yang didapat akan digunakan untuk menentukan prioritas pengumpulan informasi lanjutan, koleksi data, perbaikan estimasi dari koefisien penting dan penyempurnaan model itu sendiri. Usaha ini akan berperan dalam menyeimbangkan aktivitas pembuatan model dan aktivitas pengumpulan informasi, yang prinsipnya mencari efisiensi waktu, biaya, dan tenaga untuk studi sistem tersebut.

Model untuk perancangan keputusan dan menentukan kebijakan operasional akan mencakup sejumlah asumsi, misalnya asumsi tentang karakteristik operasional dari komponen serta sifat alamiah dari lingkungan. Asumsi-asumsi tersebut harus dimengerti betul dan dievaluasi bilamana model digunakan untuk perencanaan atau operasi. Manipulasi dari model dapat menuju pada modifikasi model untuk mengurangi kesenjangan antara model dengan dunia nyata. Proses validasi seyogyanya dilakukan kontinyu sampai pada kesimpulan bahwa model telah didukung dengan pembuktian yang memadai melalui pengukuran dan observasi. Suatu model mungkin telah mencapai status validasi (absah) meskipun masih menghasilkan kekurangbenaran output. Di sini model adalah absah karena konsistensinya, dimana hasilnya tidak bervariasi lagi.

5. Analisa Sensitivitas

Tujuan utama analisis ini pada proses permodelan adalah *untuk menentukan peubah keputusan mana yang cukup penting untuk ditelaah* lebih lanjut pada aplikasi model. Peubah keputusan ini dapat berupa parameter rancang bangun atau input peubah keputusan. Analisis ini mampu menghilangkan faktor yang kurang penting sehingga pemusatan studi lebih dapat ditekankan pada peubah keputusan kunci serta menaikkan efisiensi dari proses pengambilan keputusan. Pada beberapa kasus,

dengan mengetahui peubah yang kurang mempengaruhi penampakan sistem, akan didapatkan lebih basak kebebasan dari kendala sistem.

6. Analisis Stabilitas

Sistem dinamik sudah seringkali ditemukan memiliki perilaku tidak stabil yang destruktif untuk beberapa nilai parameter sistem. Analisis untuk identifikasi batas kesatbilan dari sistem diperlukan agar parameter tidak diberi nilai yang mengarah pada perilaku tidak stabil apabila terjadi perubahan struktur dan lingkungan sistem. Perilaku tidak stabil ini dapat berupa fluktuasi acak yang tidak mempunyai pola ataupun nilai output yang eksplosif sehingga besarnya tidak realistis lagi. Analisis stabilitas dapat menggunakan teknik analitis berdasar nilai keseimbangan atau menggunakan simulasi secara berulang kali untuk mempelajari batasan stabilitas sistem.

7. Aplikasi Model

Para pengambil keputusan merupakan tokoh utama dalam tahap ini dimana model dioperasikan untuk mempelajari secara mendetail kebijakan yang dipermasalahkan. Mereka berlaku sebagai pengarah pada proses kreatif-interaktif ini yang mencakup pula para analis sistem serta spesialis dari berbagai bidang keilmuan. Apabila tidak ada kriteria keputusan yang khas seperti maksimisasi atau minimisasi, proses interaktif ini dapat menuju pada suatu kajian normatif yang bertalian dengan *trade-off* antar peubah-peubah sistem. Lebih jauh, dapat diterapkan pula kebijakan untuk secara efisien menilai kombinasi antar beberapa output sistem. Banyak teknik optimasi yang tersedia untuk memecahkan masalah praktis dan beberapa diantaranya dapat diterapkan langsung sebagai *simulasi model*.

Hasil dari proses permodelan abstrak ini adalah gugus mendetail dari spesifikasi manajemen. Informasi yang timbul setelah proses ini dapat merupakan indikasi akan kebutuhan untuk pengulangan kembali proses analisis sistem dan permodelan sistem. Pada kasus tertentu, pengulangan itu bisa hanya mengubah asumsi model namun pada hal lain dapat juga berarti merancang suatu model abstrak yang baru sama sekali. Hal ini sesuai dengan fakta bahwa pendekatan sistem dalam suatu lingkungan

dinamik, adalah suatu proses berkesinambungan, mencakup penyesuaian dan adaptasi melalui lintasan waktu.

REFERENSI

Eriyatno. 2003. Ilmu Sistem. Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajemen. Jilid I. IPB Press. Bogor. 147 hal.

Handoko. 1994. Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Komputer untuk Pertanian. Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA, IPB. 112 hal.

Van Noordwijk, M. And B. Lusiana. 1999. WaNulCAS, a model of water, nutrient, and light capture in agroforestry systems. ICRAF-Southeast Asia.