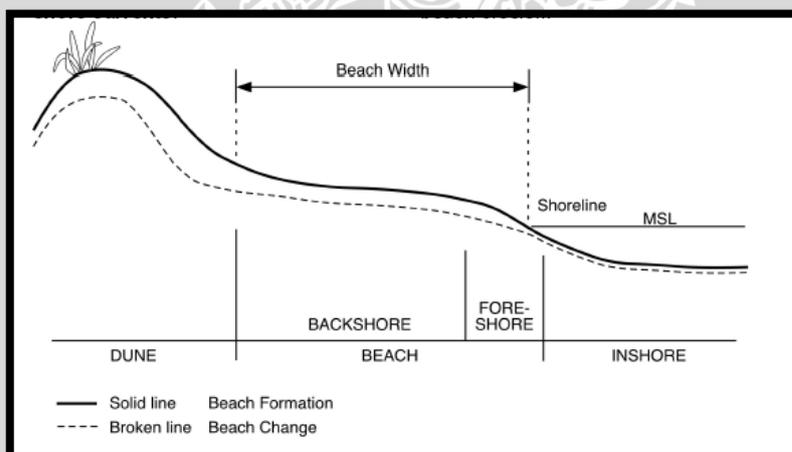


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Wilayah Pesisir

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Menurut Begen (2002), Wilayah Pesisir adalah daerah pertemuan antara darat dan laut, dengan batas ke arah darat meliputi bagian darat, baik kering maupun terendam air yang masih mendapat pengaruh sifat-sifat laut seperti angin laut, pasang surut, perembesan air laut (intrusi) yang dicirikan oleh vegetasinya yang khas, sedangkan batas wilayah pesisir ke arah laut mencakup bagian atau batas terluar daripada daerah paparan benua (*continental shelf*), dimana ciri-ciri perairan ini masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun proses yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran.



Gambar 2.1 Batas Wilayah Pesisir
Sumber: Dahuri *et al* (2001)

Berdasarkan batasan tersebut di atas, beberapa ekosistem wilayah pesisir yang khas seperti estuaria, delta, laguna, terumbu karang (*coral reef*), padang lamun (*seagrass*), hutan mangrove, hutan rawa, dan bukit pasir (*sand dune*) tercakup dalam wilayah ini. Luas suatu wilayah pesisir sangat tergantung pada struktur geologi yang dicirikan oleh topografi dari wilayah yang membentuk tipe-tipe wilayah pesisir tersebut. Wilayah pesisir yang berhubungan dengan tepi benua yang meluas (*trailing edge*) mempunyai konfigurasi yang landai dan luas. Ke arah darat dari garis pantai terbentang

ekosistem payau yang landai dan ke arah laut terdapat paparan benua yang luas. Bagi wilayah pesisir yang berhubungan dengan tepi benua patahan atau tubrukan (*collision edge*), dataran pesisirnya sempit, curam dan berbukit-bukit, sementara jangkauan paparan benuanya ke arah laut juga sempit.

2.2 Karakteristik Wilayah Pesisir

Menurut Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 34 Tahun 2002 tentang Pedoman Umum Penataan Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Pesisir merupakan suatu ekosistem yang menarik dan unik, berikut beberapa karakteristik dari wilayah pesisir adalah:

1. Merupakan wilayah percampuran atau pertemuan antara laut, darat dan udara. Bentuk wilayah ini merupakan hasil keseimbangan dinamis dari suatu proses penghancuran dan pembangunan dari ketiga unsur alam tersebut.
2. Wilayah pesisir dapat berfungsi sebagai zona penyangga dan merupakan habitat dari berbagai jenis biota, tempat pemijahan, pembesaran, mencari makan dan tempat berlindung bagi berbagai jenis biota laut dan pantai.
3. Wilayah pesisir memiliki perubahan sifat ekologi yang tinggi dan pada skala yang sempit akan dijumpai kondisi ekologi yang berbeda.
4. Pada umumnya wilayah pesisir memiliki tingkat kesuburan yang tinggidan menjadi sumber zat organik yang penting dalam suatu siklus rantai makanan dilaut.

2.3 Pembangunan Wilayah Pesisir Secara Terpadu

Menurut Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Undang-undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil yang dimaksud dengan sumberdaya adalah unsur lingkungan hidup yang terdiri dari sumberdaya manusia dan sumberdaya alam, baik hayati maupun non hayati. Pengelolaan sumberdaya pesisir dan lautan pada hakekatnya mempunyai makna yang sama dengan pengelolaan lingkungan hidup seperti dimaksud dalam Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan harus mengacu pada Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Dalam undang-undang tersebut, yang dimaksud dengan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan dan pengendalian lingkungan hidup. Dahuri *et al.* (2001) berpendapat bahwa pengelolaan sumberdaya pesisir dan lautan terpadu

adalah suatu pendekatan pengelolaan wilayah pesisir yang melibatkan dua atau lebih ekosistem, sumberdaya dan kegiatan pemanfaatan (pembangunan) secara terpadu (*integrated*) guna mencapai pembangunan wilayah pesisir secara berkelanjutan. Cicin-Sain dan Knecht (1998) menyatakan bahwa pengelolaan terpadu adalah suatu proses dinamis dan kontinyu dalam membuat keputusan untuk pemanfaatan, pembangunan dan perlindungan kawasan pesisir laut beserta sumberdaya alamnya secara berkelanjutan. Secara teknis didefinisikan bahwa suatu upaya pemanfaatan sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan yang terdapat di dalam kawasan pesisir dan lautan untuk kesejahteraan manusia sedemikian rupa sehingga laju (tingkat) pemanfaatan sumberdaya alam dan jasa-jasa lingkungan termasuk tidak melebihi daya dukung (*carrying capacity*) yaitu kemampuan suatu kawasan untuk dimanfaatkan semaksimal mungkin tanpa menimbulkan kerusakan pada kawasan pesisir. Konteks keterpaduan (*integration*) mengandung tiga dimensi yakni dimensi sektoral, dimensi bidang ilmu dan dimensi keterkaitan ekologis (Dahuri, 2004).

1. Keterpaduan secara sektoral berarti bahwa perlu ada koordinasi tugas, wewenang dan tanggung jawab antar sektor atau instansi pemerintah pada tingkat pemerintah tertentu (*horizontal integration*) dan antar tingkat pemerintahan dari mulai tingkat desa, kecamatan, kabupaten sampai tingkat pusat (*vertical integration*).
2. Keterpaduan dari sudut pandang keilmuan mensyaratkan bahwa di dalam pengelolaan wilayah pesisir hendaknya dilaksanakan dasar pendekatan interdisiplin ilmu (*interdisciplinary approaches*), yang melibatkan berbagai bidang ilmu.
3. Wilayah pesisir tersusun dari berbagai macam ekosistem yang satu sama lainnya saling terkait, tidak berdiri sendiri. Perubahan dan kerusakan yang menimpa satu ekosistem akan menimpa pula ekosistem lainnya. Selain itu, wilayah pesisir juga di pengaruhi oleh berbagai kegiatan manusia (*up lands areas*) maupun lautan lepas (*oceans*).
4. Keterpaduan diperlukan karena memperhatikan segenap keterkaitan ekologis (*ecological linkage*) yang dapat mempengaruhi suatu wilayah pesisir.

2.4 Tata Guna Lahan

Lahan biasanya dikaitkan dengan peruntukan/penggunaannya, misalnya lahan perkebunan, lahan lahan sawah, lahan perumahan dan sebagainya. Tata guna tanah

(*land use*) adalah pengaturan penggunaan tanah. Hal ini meliputi penggunaan permukaan bumi di daratan dan di lautan (Jayadinata, 1999:10).

Kata Tata berarti aturan atau kaidah agar sesuatu menjadi baik sesuai norma-norma kehidupan. Sedangkan kata Guna Tanah adalah segala sesuatu keadaan di atas tanah dalam rangka penggunaan dan pemanfaatan permukaan tanah termasuk pemanfaatan ruang di atas bidang tanah tersebut. Tata guna tanah berarti aturan atau pengaturan tanah agar diperoleh tatanan penggunaan yang diinginkan (Sadyohutomo, 2006:10).

Tata guna lahan kota adalah cermin tata kegiatan kota. Karena kegiatan sifatnya dinamis, maka guna lahan pun memiliki kemungkinan besar untuk berubah. Sekalipun demikian, perubahan guna lahan dapat dikendalikan oleh pemerintah agar penggunaannya efisien. Dalam tata guna lahan memang terkandung pengertian mengatur ruang kegiatan masyarakat agar lahan digunakan secara efisien dan tidak semrawut (Warpani, 1990:102).

Tata guna tanah di perkotaan pada umumnya terdiri dari dua jenis penggunaan, yaitu sebagai berikut:

1. Kawasan terbangun, yaitu kawasan atau area yang telah terisi oleh bangunan fisik seperti perumahan, fasilitas umum, dan sosial, serta prasarana kota lainnya.
2. Kawasan tidak terbangun, yaitu kawasan atau area yang belum mendapat perlakuan fisik berupa lahan kosong, ruang terbuka hijau, pertanian dan lain sebagainya.

Guna lahan kota menunjukkan kegiatan perkotaan yang menempati petak yang bersangkutan. Setiap petak dapat dicirikan dengan 3 ukuran dasar, yaitu (Warpani, 1990:74):

1. Jenis kegiatan, ditelaah dari dua aspek yaitu: aspek umum (menyangkut penggunaan seperti perdagangan, industri dan permukiman) dan aspek khusus (menyangkut ciri yang lebih terperinci seperti: ukuran, luas dan fungsinya dalam lingkungan perkotaan).
2. Intensitas guna lahan ditunjukkan oleh kepadatan bangunan dan dinyatakan dengan luas lantai per unit luas tanah. Data ini sangat dibutuhkan untuk memperkirakan tata guna lahan di masa depan.
3. Hubungan antar guna lahan, berkaitan dengan jarak yang harus ditempuh orang dan barang untuk mencapai lokasi tertentu.

Intensitas penggunaan dan lokasi guna lahan yang mempengaruhi pergerakan penduduk dan barang dalam lingkungan kota perlu diperhatikan dalam memperhitungkan guna lahan di masa depan. Perhitungan ini dapat dipandang sebagai masalah pemencaran sejumlah penduduk dalam wilayah kecil.

2.5 Definisi Dasar Daya Dukung

Menurut Undang-Undang nomor 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, daya dukung lingkungan didefinisikan kemampuan lingkungan untuk menyerap bahan, energi dan/atau komponen lainnya yang memasuki atau dibuang ke dalamnya. Pelestarian daya dukung lingkungan adalah sejumlah upaya untuk melindungi kemampuan lingkungan untuk menyerap bahan, energi dan/atau komponen lainnya yang memasuki atau dibuang ke dalamnya. Daya dukung wilayah pesisir dapat didefinisikan dengan menentukan jumlah penduduk dan kegiatan di wilayah pesisir yang dapat didukung oleh satuan sumberdaya alam yang tersedia di wilayah pesisir.

Pengertian daya dukung lingkungan kawasan pesisir dan lautan dapat juga dipahami sebagai kemampuan kawasan tersebut dalam menyediakan ruang (space) untuk kehidupan manusia yang sehat dan nyaman beserta segenap kegiatan pembangunannya, menyediakan sumberdaya alam untuk kepentingan manusia baik melalui penggunaan langsung maupun melalui proses produksi dan pengolahan, menyerap atau menetralkan limbah, melakukan fungsifungsi penunjang kehidupan, termasuk siklus biogeokimia, siklus hidrologi, dan lainnya (Dahuri, 1991). Sedangkan definisi daya dukung dalam pedoman ini adalah kepadatan maksimum kegiatan manusia, seperti pertumbuhan penduduk, penggunaan lahan, pembangunan fisik, dan lain-lain yang dapat didukung oleh lingkungan wilayah pesisir tanpa menimbulkan penurunan kualitas lingkungan dan kerusakan lingkungan. Secara teoritis, jika kepadatan maksimum dan keterbatasannya dapat diketahui, maka pengelola dapat mengetahui berapa jumlah kegiatan yang akan ditempatkan dan jenis kegiatan apa saja yang bisa diletakkan pada wilayah yang direncanakan. Namun kesulitan dalam perhitungan ini akan semakin tinggi jika wilayahnya semakin besar dan jumlah variabelnya semakin banyak. Dalam pedoman ini daya dukung wilayah pesisir diklasifikasikan atas empat kelompok daya dukung, yakni :

1. Daya Dukung Fisik/ Spasial

Jumlah luasan maksimum dari tingkat kesesuaian lahan dan kemampuan lahan di wilayah pesisir untuk menampung kegiatan manusia tanpa menimbulkan dampak signifikan terhadap perubahan ekologisnya.

2. Daya Dukung Sosial/Demografi

Derajat kenyamanan, keamanan, keindahan, dan keadilan dalam masyarakat di wilayah pesisir yang ditimbulkan dari kegiatan-kegiatan di wilayah pesisir.

3. Daya Dukung Ekologi

Kemampuan maksimum ekosistem dan habitat di wilayah pesisir untuk menerima kegiatan di wilayah pesisir tanpa menimbulkan kerusakan dan penurunan kualitas bio-ekologi serta penurunan nilai produktifitas ekosistemnya.

4. Daya Dukung Infrastruktur

Tingkat kerapatan dan kepadatan maksimum infrastruktur (seperti: jaringan jalan, jaringan drainase, pelabuhan, sarana dan prasarana pemukiman), untuk mendukung kegiatan-kegiatan di wilayah pesisir.

2.6 Konsep Daya Dukung untuk Penataan Ruang Pesisir

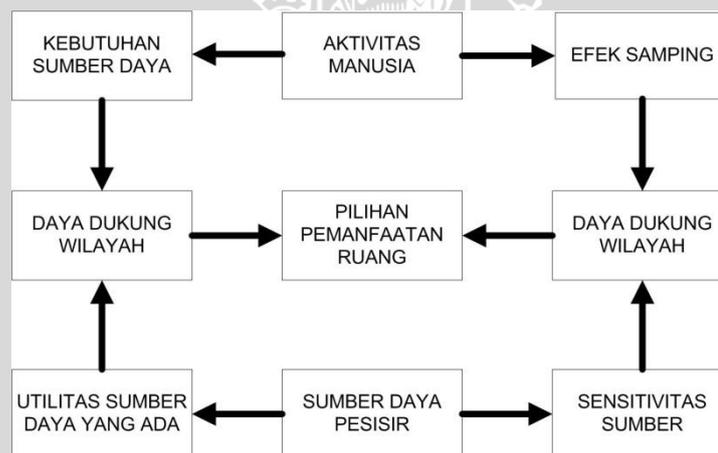
Manusia memiliki kemampuan untuk membuat daya dukung menurun dengan membuat keputusan pengelolaan sumberdaya yang salah, demikian pula sebaliknya manusia dapat meningkatkan atau mengembalikan daya dukung pulau melalui berbagai teknologi yang diterapkan dalam pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya alam.

Konsep daya dukung lingkungan muncul ketika kesadaran akan keterbatasan sumberdaya alami maupun buatan untuk mendukung kegiatan manusia yang seiring dengan perubahan waktu populasinya semakin bertambah. Oleh sebab itu konsep daya dukung wilayah pesisir tidak terlepas dari pengetahuan akan kecenderungan pertumbuhan aktivitas di wilayah perencanaan, karena dengan demikian kita dapat mengetahui dan mengukur kemampuan daya dukung lingkungan di wilayah pesisir. Daya dukung di wilayah pesisir memiliki kerumitan dan kompleksitas yang berbeda dengan daya dukung di wilayah daratan, hal ini disebabkan karena wilayah pesisir memiliki keunikan ekosistem dan ekologi yang kompleks dan sangat dinamis. Konsep pengembangan wilayah pesisir yang ada pada saat ini dilakukan dengan membagi wilayah pengembangan kawasan kedalam tiga zona utama, yakni :

- a. Zona Preservasi, yaitu kawasan yang memiliki nilai ekologis tinggi seperti tempat berbagai hewan melakukan kegiatan reproduksinya, dan memiliki sifat-sifat alami lain yang unik.
- b. Zona Konservasi, yaitu kawasan yang dapat dikembangkan namun secara terkontrol.
- c. Zona Pengembangan Intensif, termasuk didalamnya mengembangkan kegiatan budidaya secara intensif.

Dengan mempertimbangkan konsep pengembangan wilayah pesisir seperti diatas maka konsep daya dukung untuk wilayah pesisir dapat dilihat pada Gambar 2.2. Setiap kegiatan manusia membutuhkan sumberdaya sekaligus menimbulkan efek samping sebagai hasil konsumsi sumberdaya. Kebutuhan sumberdaya ini dapat dipenuhi oleh ketersediaan sumberdaya yang ada, dalam hubungan pemanfaatan sumberdaya ini, daya dukung suatu wilayah dapat disimpulkan melampaui daya dukung wilayah pesisir ketika kebutuhan sumberdaya lebih besar dari utilitas sumberdaya yang ada.

Kondisi dimana utilitas sumberdaya yang ada masih melebihi kebutuhan akan sumberdaya maka daya dukung wilayah pesisir disimpulkan bahwa pemanfaatan wilayah belum optimal. Efek dari kegiatan manusia dalam batas tertentu dapat diproses kembali oleh alam, kondisi ini amat bergantung dengan tingkat sensitifitas sumberdaya wilayah pesisir. Konsep daya dukung dalam pandangan ini berlaku jika efek samping aktifitas manusia melampaui sensitifitas sumberdaya maka daya dukung wilayah dapat disimpulkan melampaui daya dukung wilayah.



Gambar 2.2 Konsep Daya Dukung Pesisir

Sumber: Kementerian Kelautan dan Perikanan (2010)

Konsep daya dukung wilayah pesisir sebagaimana yang telah digambarkan pada konsep daya dukung wilayah diatas, maka penilaian daya dukung wilayah pesisir merupakan suatu usaha untuk melakukan penilaian atas keseimbangan antar kegiatan manusia dengan ketersediaan sumberdaya diwilayah pesisir. Dengan teridentifikasinya keseimbangan tersebut maka perencana dan pengelola wilayah mampu memberikan alternatif-alternatif pemanfaatan ruang yang berkelanjutan.

2.7 Zonasi Wilayah Pesisir

Masalah utama dalam pengalokasian suatu kawasan konservasi adalah menetapkan batas ekologis yang dapat digunakan untuk merancang suatu kawasan konservasi. Selama ini, batas kawasan konservasi didasarkan pada karakteristik geologis kawasan (batas daratan dan laut), batas administratif (nasional, propinsi atau kabupaten), atau biaya (lokasi yang lebih kecil memerlukan biaya yang lebih kecil untuk melindungi atau mempertahankan keberadaannya) (Bengen, 2001).

Secara umum sangat sedikit alasan ekologis yang dijadikan dasar untuk menentukan batas kawasan konservasi, namun alasan ekologis yang tepat haruslah digunakan untuk menentukan batas dan zonasi kawasan konservasi serta tidak ada aturan baku yang menetapkan ukuran optimal dan rancangan dari suatu kawasan konservasi. Namun demikian secara umum terdapat 2 (dua) kategori ukuran kawasan konservasi, yakni: kategori disagregasi (sekelompok kawasan konservasi yang berukuran kecil), dan kategori agregasi (sekelompok kawasan konservasi yang berukuran besar). Setiap kategori ukuran memiliki keunggulan sendiri. Kawasan konservasi yang berukuran kecil dapat mendukung kehidupan lebih banyak jenis biota dengan relung yang berbeda-beda, serta tidak merusak semua kawasan konservasi secara bersamaan bila terdapat bencana. Kawasan konservasi yang berukuran besar menuntut adanya zonasi kawasan untuk dapat mendukung pengelolaan yang efektif bagi berbagai pemanfaatan secara berkelanjutan (Bengen, 2001:48).

Dengan adanya zonasi, maka pemanfaatan sumberdaya alam dapat dikontrol secara efektif untuk mencapai sasaran dan tujuan kawasan konservasi. Pengelolaan zona dalam kawasan konservasi didasarkan pada luasnya berbagai pemanfaatan sumberdaya kawasan. Aktivitas di dalam setiap zona ditentukan oleh tujuan kawasan konservasi, sebagaimana ditetapkan dalam rencana pengelolaan. Zona-zona tertentu menuntut pengelolaan yang intensif, sementara zona lainnya tidak perlu. Selain itu penetapan zonasi menurut pedoman umum penataan ruang pesisir dan pulau-pulau kecil yang diterbitkan oleh departemen kelautan dan perikanan yang mengacu pada keputusan menteri perikanan dan kelautan No: KEP. 34/MEN/2002 disebutkan bahwa salah satu alternatif pola perencanaan di wilayah pesisir adalah membagi kawasan atau wilayah tersebut kedalam beberapa zona-zona penting.

Penentuan zonasi di kawasan pesisir difungsikan untuk pengaturan pemanfaatan lahan di kawasan pesisir agar tidak terjadi konflik antar pemanfaatan lahan. Secara umum pembagian zona di kawasan pesisir dibagi menjadi:

1. Zona Preservasi, yaitu kawasan yang memiliki nilai ekologis tinggi seperti tempat berbagai hewan melakukan kegiatan reproduksinya, dan memiliki sifat-sifat alami lain yang unik.
2. Zona Konservasi, yaitu kawasan yang dapat dikembangkan namun secara terkontrol.
3. Zona Pengembangan Intensif, termasuk didalamnya mengembangkan kegiatan budidaya secara intensif.

Konsep perencanaan ini tentu tidak secara kaku membagi wilayah pesisir pada zona-zona tersebut, tetapi ditentukan oleh karakter wilayah pesisir tujuan perencanaan serta kesepakatan pemangku kepentingan di wilayah pesisir tersebut.

2.8 Sistem Dinamis

Metode sistem dinamis berhubungan erat dengan pertanyaan-pertanyaan tentang trend atau pola perilaku dinamik (sejalan dengan bertambahnya waktu) dari sebuah sistem yang kompleks. Penggunaan sistem dinamik diarahkan kepada bagaimana dengan memahami perilaku sistem tersebut orang dapat meningkatkan efektivitas dalam merencanakan suatu kebijakan dan pemecahan masalah yang timbul (Muhammadi et.al, 2001). Objek yang dimodelkan dalam metode sistem dinamik adalah struktur informasi sistem. Model tersebut berisi faktor-faktor, sumber-sumber informasi, dan jaringan aliran informasi yang menghubungkan keduanya. Analog fisik dan matematik untuk struktur informasi itu dapat dibuat dengan mudah. Sebagai analog fisik, sumber informasi adalah suatu gudang sedangkan keputusan adalah aliran yang masuk ke dalam atau ke luar dari gudang. Dalam analogi matematik, gudang dinyatakan sebagai variable keadaan, sedangkan keputusan merupakan turunan dari variable keadaan tersebut (Muhammadi et.al, 2001). Pembuatan model dan simulasi model sebagai bagian dari metode sistem dinamik dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Pembuatan Konsep
2. Pembuatan Model
3. Simulasi Model
4. Validasi Model
5. Analisis Kebijakan

2.8.1 Tujuan Model Sistem Dinamis

Model sistem dinamis bukan dibuat hanya untuk memberikan proses peramalan atau prediksi semata, tetapi lebih jauh dari itu sistem dinamis ditujukan untuk memahami karakteristik dan perilaku mekanisme proses internal yang terjadi dalam

suatu sistem tertentu. Sistem dinamis sangat efektif digunakan pada sistem yang membutuhkan tingkat pengelolaan akan data yang banyak dengan baik. Dengan fleksibilitas yang dimiliki maka hal ini akan membantu dalam melakukan proses formulasi model, penentuan batasan model, validasi model, analisis kebijakan, serta penerapan model (Maani, Cavana, 2000).

2.8.2 Bentuk Model Sitem Dinamis

Bentuk model Sistem Dinamis yang merepresentasikan struktur diagram umpan balik adalah diagram sebab-akibat atau yang biasa dikenal dengan *Causal Loop Diagram*. Diagram ini menunjukkan arah aliran perubahan variabel dan polaritasnya. Polaritas aliran sebagaimana diungkapkan di atas dibagi menjadi positif dan negatif. Bentuk diagram lain yang juga menggambarkan struktur model sistem dinamis adalah diagram aliran atau *flow diagram*. Diagram aliran merepresentasikan hubungan antar variabel yang telah dibuat dalam diagram sebab-akibat dengan lebih jelas, dengan menggunakan berbagai simbol tertentu untuk berbagai variabel yang terlibat (Sushil, 1993).

2.8.3 Pemodelan System Dynamics

Pemodelan didefinisikan sebagai “penyederhanaan”. Tujuan dari pemodelan adalah untuk mengambil suatu sistem yang kompleks dan mengidentifikasi unsur-unsur yang mendefinisikan sistem dan bagaimana hubungan satu sama lain. Selanjutnya, tujuan dari pemodelan juga harus pendagonis dalam arti bahwa pembuat dan pengguna dapat belajar tentang tindakan, reaksi, penyebab, dan konsekuensi. Evolusi dan pertumbuhan sistem pemodelan sejalan dengan munculnya teknologi komputer, sebagian besar pemodelan sebelum adanya komputer merupakan persamaan diferensial, fokus kepada keterkaitan.

Pemodelan sistem dinamik dianggap lebih baik karena memungkinkan untuk pengujian teori dan eksplorasi. Ketika teknologi komputer menjadi lebih terjangkau dalam peningkatan daya proses, upaya untuk mengembangkan model yang lebih kompleks menjadi meningkat dan terdapat *software* khusus yang mampu memproses banyak informasi seperti Stella.

Dasar metodologi *system dynamics* adalah analisis sistem. Suatu sistem (suatu sistem dapat terdiri dari beberapa sub sistem) didefinisikan sebagai seperangkat unsur yang saling berinteraksi satu sama lain dengan pola interaksi yang saling mempengaruhi dan saling menentukan satu dengan yang lainnya. Interaksi yang terjadi di dalam sistem sepanjang waktu akan mempengaruhi keadaan unsur-unsur di dalam sistem, sehingga

struktur suatu sistem (*system structure*) sangat ditentukan oleh pola hubungan diantara unsur-unsurnya, sedangkan batasan sistem (*system boundary*) akan membatasi/memisahkan sistem dengan lingkungannya. Karena perilaku sistem yang selalu dipengaruhi oleh strukturnya maka analisis sistem lebih banyak mempertimbangkan hubungan antar unsur (interrelasi) dalam sistem dibandingkan dengan detail input dan output data. Melalui pemodelan interrelasi, analisis sistem akan mampu menjelaskan perubahan-perubahan dari masing-masing unsur sistem terhadap perubahan waktu. Dinamika perilaku suatu sistem sangat ditentukan oleh struktur umpan balik (*feedback loops*) yang menyatakan hubungan sebab akibat antar unsur bukan hubungan karena adanya korelasi-korelasi statistik. Dalam pembentukan model tersebut dilakukan melalui pendekatan struktural atau berdasarkan pendekatan *system thinking*. Di dalam pendekatan *system thinking* tersebut struktur fisik maupun struktur pengambilan keputusan diyakini dibangun oleh unsur-unsur yang saling bergantung dan membentuk suatu lingkaran tertutup (*closed loop* atau *feedback loop*). Hubungan unsur-unsur yang saling bergantung tersebut merupakan hubungan sebab akibat umpan balik dan bukan hubungan sebab akibat yang searah. Lingkaran umpan balik tersebut merupakan pembentuk utama model (*building block*).

Unsur-unsur dalam lingkaran umpan balik dapat berbentuk materi atau informasi dan dapat bersifat stok atau aliran. Dalam aliran ini dapat terjadi bias, distorsi, kelambatan, penguatan maupun peredaman, dimana hubungan yang terjadi antar unsur tersebut dapat terjadi secara linier maupun non linier. Terdapat 2 (dua) jenis hubungan kausal, yaitu hubungan kausal positif dan hubungan kausal negatif. Umpan balik negatif merupakan suatu proses untuk mencapai tujuan (*goal seeking*). Umpan balik ini cenderung menjadi penyeimbang terhadap setiap gangguan dan selalu membawa sistem ke dalam keadaan yang stabil. Umpan balik positif terjadi jika perubahan dalam komponen lainnya yang akan memperkuat proses awalnya. Umpan balik positif merupakan proses yang sifatnya tumbuh.

Asumsi utama dalam paradigma *system dynamics* adalah bahwa tendensi-tendensi dinamik yang bersifat persisten pada setiap sistem yang kompleks adalah bersumber dari struktur kausal yang mau membentuk sistem tersebut. Keberadaan struktur tersebut merupakan konsekuensi dari adanya interaksi antara kendala-kendala fisik dan tujuan-tujuan sosial, penghargaan dan tekanan yang menyebabkan manusia bertindak laku dan membangkitkan secara kumulatif tendensi-tendensi dinamik yang dominan dari sistem total (secara keseluruhan). *System dynamics* memiliki empat

fondasi teoritis yaitu: teori informasi *feedback*, teori keputusan, eksperimen simulasi komputer dan proses penyelesaian model mental. Sebagai metoda yang didukung dengan kekuatan simulasi komputer maka *system dynamics* dapat memberikan pemahaman yang lebih baik dan meramalkan berbagai kemungkinan yang akan terjadi pada berbagai jenis sistem sosial. Suatu sistem dipelajari guna mengetahui dinamika non linier dari perubahan perilaku di dalam sistem. Sebagian besar unsur model merupakan unsur realita dengan inter relasi di dalamnya.

2.8.4 Langkah-langkah Pemodelan *System Dynamics*

Menurut Sterman (2000) dalam Suseno (2005), Ada beberapa tahapan pemodelan dengan menggunakan *system dynamics*. Langkah- langkah yang dilakukan dalam metodologi *system dynamics* tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mengartikulasikan masalah (*problem articulation*)

Pada tahap ini masalah diidentifikasi, kemudian dilakukan dengan melakukan identifikasi dan analisis permasalahan yang akan dikaji. Menurut Sterman (2000) diperlukan basis data mental dan basis data tertulis selama dalam proses pembatasan masalah ini. Biasanya pembuat model mengembangkan karakteristik permasalahan awal ini melalui suatu diskusi dengan pihak terkait, mencari informasi penelitian tambahan yang telah dilakukan sebelumnya, pengumpulan data, melakukan wawancara dan observasi langsung dan peran serta.

Dua hal yang paling penting pada tahap ini adalah menyusun *reference mode* dan menetapkan rentang waktu (*time horizon*) secara eksplisit. *Reference mode* dapat berupa gambar atau data deskriptif lain yang menggambarkan permasalahan dan kemungkinan yang akan terjadi pada masa mendatang. Pengumpulan data dan informasi historis akan menjadi *reference mode* yang diwakili oleh pola perilaku kumpulan variabel yang meliputi aspek-aspek yang berhubungan dengan pola perilaku persoalan. Informasi historis ini sangat penting agar dapat menggambarkan pola perilaku persoalan dan memperkirakan kemungkinan perilaku permasalahan di kemudian hari.

2. Merumuskan hipotesis dinamis (*formulation of dynamic hypothesis*)

Tahap ini memfokuskan pada perumusan *dynamic hypothesis* yang dapat menjelaskan struktur umpan balik yang diperkirakan mempunyai kemampuan dalam mempengaruhi perilaku permasalahan. Pengembangan struktur sebab akibat didasarkan pada hipotesis awal, variabel-variabel utama, *reference mode*, dan data-data yang lain, antara lain dengan menggunakan *model boundary diagrams*,

subsystem diagrams, causal loop diagrams, stock and flow maps, dan policy structure diagrams. Teknik pengembangan struktur yang sering digunakan adalah diagram sebab akibat (*causal loop diagrams*)

Pembuatan *causal loop diagrams* dilakukan dengan menghubungkan antar variabel-variabel yang terkait dengan persoalan. Pola hubungan antar variabel tersebut digambarkan dengan diagram sebab akibat yang memperlihatkan sejauhmana interaksinya antara variabel satu dengan yang lainnya dan kemudian diidentifikasi lingkaran umpan balik (*feedback loop*) yang terbentuk dari pola hubungan tersebut. Ada 2 (dua) macam lingkaran umpan balik yang mungkin dapat terbentuk dalam diagram tersebut, yaitu lingkaran umpan balik positif yang menghasilkan pola pertumbuhan, dan lingkaran umpan balik negatif yang akan menghasilkan pola pencapaian tujuan (*goal seeking*). Kombinasi kedua lingkaran tersebut akan menggambarkan pola perilaku sistem.

Dinamika sebuah sistem dipengaruhi oleh faktor internal (*endogenous*) dan eksternal (*exogenous*). Faktor-faktor tersebut, terutama faktor *endogenous* merupakan variabel yang sangat penting dalam analisis suatu sistem. Oleh karena itu, penentuan batas model perlu ditentukan terlebih dahulu dengan jelas agar untuk selanjutnya dapat lebih mudah untuk mendefinisikan faktor *endogenous* dan *exogenous* tersebut. Batasan model ini juga akan memudahkan dalam memisahkan proses-proses yang menyebabkan adanya kecenderungan internal yang diungkapkan dalam pola referensi dari proses-proses yang mempresentasikan pengaruh-pengaruh eksogen atau pengaruh yang berasal dari luar sistem.

3. Merumuskan model simulasi (*formulation of a simulation model*)

Ada tiga hal penting dalam tahap ini, yaitu melakukan spesifikasi struktur dan keputusan, memperkirakan parameter, hubungan perilaku, dan kondisi awal, dan menguji konsistensi sesuai dengan tujuan dan lingkup masalah (Stermann, 2000). Penyusunan model simulasi dilakukan dengan mentransformasikan pola hubungan antar variabel diagram umpan balik ke dalam persamaan atau program komputer. Struktur dasar dalam pemodelan *system dynamics* adalah sebagai berikut.

- a. *Level*, merupakan akumulasi yang terdapat dalam sistem yang besarnya dipengaruhi oleh nilai awal dan nilai *rate*. *Level* pada suatu *loop* hanya bisa didahului oleh *rate*, tetapi tidak bisa diikuti oleh *auxiliary* atau *rate*. *Level* tidak bisa dipengaruhi secara langsung oleh *level* lainnya.

- b. *Rate*, adalah aliran yang bisa mengubah *level* dan nilainya dipengaruhi oleh informasi-informasi yang datang kepadanya.
- c. Aliran material adalah aliran dari *level* satu ke *level* yang lainnya, yang besarnya ditentukan oleh persamaan *rate*.
- d. Aliran informasi adalah struktur yang berperan dalam fungsi-fungsi keputusan yang tidak mempengaruhi variabel secara langsung.

4. Pengujian dan Validasi Model

Pengujian (*testing*) ini dilakukan antara lain untuk melihat kesesuaian perilaku simulasi model dengan perilaku sistem yang sebenarnya. Pengujian menekankan pada sejauh mana model yang disusun mampu menirukan pola perilaku historisnya. Setiap variabel harus bisa menggambarkan konsep yang terdapat di dunia nyata. Pengujian dilakukan segera setelah menuliskan persamaan dalam simulasi. Apabila ditemukan adanya ketidaksesuaian pola perilaku antara model dengan perilaku historisnya, model segera diperbaiki agar bisa menggambarkan keadaan yang sebenarnya.

Pengujian model dilakukan untuk mengetahui sejauh mana model yang dibuat sudah cukup *valid* atau sah sehingga dapat memberikan keyakinan untuk digunakan dalam merancang kebijakan. Bila kesahihan model telah dapat dicapai, simulasi selanjutnya dapat digunakan untuk merancang kebijakan yang efektif. Hal tersebut dapat dicapai apabila pemodelan sistem-sistem sosial tersebut memenuhi kaidah-kaidah ilmiah (Tasrif, 1998 dalam Asyiwati, 2002). Untuk mendapatkan model yang sah tersebut maka dalam pembuatannya harus sepenuhnya mengikuti suatu metoda ilmiah yang mensyaratkan bahwa suatu model harus mempunyai titik kontak yang banyak. Perbandingan berulang-ulang dengan kenyataan tersebut melalui titik kontak akan membuat model menjadi lebih komunikatif terhadap isu-isu maupun perilaku yang dihasilkannya.

5. Merancang dan mengevaluasi kebijakan (*policy design and evaluation*).

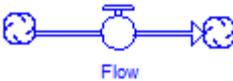
Setelah struktur model yang dikembangkan diyakini telah menggambarkan perilaku dunia nyata, model dapat dikembangkan untuk merancang dan mengevaluasi kebijakan. Analisis kebijakan dilakukan untuk mengkaji pengaruh beberapa alternatif kebijakan yang dapat diimplementasikan untuk memperbaiki sistem yang sesuai dengan harapan. Terhadap kebijakan yang dipilih, langkah antisipasi dapat dilakukan untuk menghindari dampak pemilihan kebijakan tersebut.

Menurut Sterman (2000), pemodelan merupakan suatu proses umpan balik (*feedback*), bukan suatu urutan tahapan yang linier. Oleh karena itu, model harus disusun secara *iterative*, selalu bertanya, menguji, dan menggali terus-menerus. Proses penyusunan model tidak berhenti hanya pada satu siklus, tetapi melalui proses yang berulang-ulang sampai dianggap cukup jelas dapat menggambarkan struktur permasalahan yang ingin dianalisis. Proses dianggap cukup apabila struktur model yang dikembangkan telah cukup dapat menggambarkan perilaku yang terjadi di dunia nyata.

2.8.5 Model Sistem Dinamis dengan STELLA

Pemodelan dinamis adalah proses untuk menjelaskan beragam ilmu pengetahuan yang menggunakan komputer untuk menjelaskan penyelesaian akhir. Sebagai jalan keluar atau penyelesaian digunakan keahlian matematik pada komputer. Pada perkembangannya, penggunaan STELLA sebagai teknologi dasar komputer. STELLA adalah sebuah program yang diproses menggunakan grafik, yang akan menimbulkan aksesibilitas dari simbol-simbol yang telah ditentukan dengan bentuk icon. Variabel yang digunakan sangat simple dan menghasilkan icon-icon yang saling berhubungan antar variabel dalam sebuah sistem. Dalam mencapai pengerjaan yang lancar digunakan icon dari model dinamis untuk menggambarkan masing-masing aplikasi yang berbeda (Hannon, Ruth: 1997). Tujuan dengan pemodelan dinamis adalah menjelaskan dan meramalkan sebuah kondisi pada suatu sistem. Pada pemodelan dinamis STELLA untuk memasukkan variabel-variabel terdapat symbol-symbol yang perlu diketahui, antara lain:

Tabel 2.1 Icon dalam STELLA

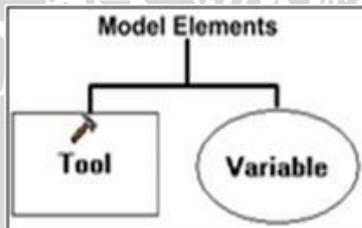
No.	Nama	Gambar	Fungsi
1	<i>Stocks</i>		Elemen sistem yang digunakan untuk mempresentasikan variabel utama.
2	<i>Flows</i>		Elemen sistem yang mempresentasikan aktifitas atau perubahan.
3	<i>Converters</i>		Parameter variabel utama hasil kalkulasi dari model dan transformasi input pada masa depan. Dimana hasilnya akan menjelaskan transformasi variabel yang akan menjadi kontrol variabel.
4	<i>Connectors</i>		Elemen sistem yang menghubungkan dengan parameter atau parameter dengan parameter.

2.9 Model Builder

Model Builder adalah sebuah aplikasi untuk membuat, mengedit, dan mengelola model. Model adalah cara untuk menerangkan suatu proses dengan menyederhanakan obyek dan kinerjanya. Dalam ArcGIS terdapat fasilitas *Model Builder* yang dapat mengaplikasikan definisi model diatas. Arti lain model builder adalah suatu alat atau tool yang bersifat grafis untuk perancangan model, simulasi dan analisis matematika yang terdiri dari sistem persamaan diferensial biasa. Dengan menggunakan Model Builder direpresentasikan dengan bentuk aliran atau *flowchart* yang memudahkan dalam memahami proses dari sebuah model. Pada software ArcGIS model builder bisa langsung digunakan tanpa memerlukan ekstensi khusus, berbeda dengan menggunakan software arcview model builder bisa dipakai dengan syarat adanya ekstensi model builder.

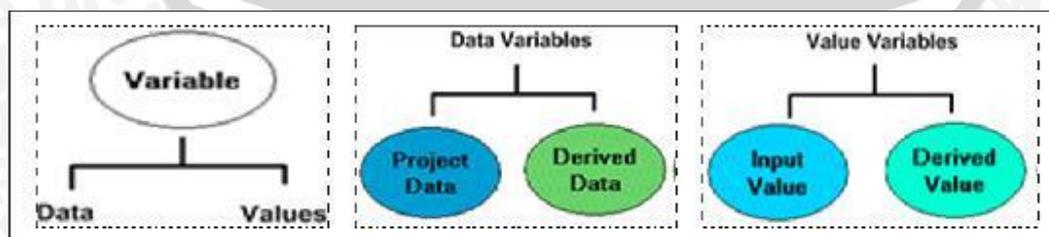
2.9.1 Komponen Model Builder

Model Builder terdiri dari tiga komponen yaitu *elements*, *connectors*, dan *text labels*. Elemen adalah data dan *tools* yang digunakan, *connectors* adalah garis yang menyambungkan data dengan *tools*, *text labels* dapat di asosiasikan dengan keseluruhan model, masing-masing *elements* maupun *connectors*.



Gambar 2.3 Komponen Model Builder
Sumber: ESRI (2002)

Elemen dalam Model Builder terbagi menjadi 2 jenis yaitu *tools* dan *variables*. *Tool elements* di gambarkan dalam bentuk persegi, biasanya *tool elements* diambil dari *Arc Toolbox*. *Variable* digambarkan dalam bentuk oval. *Variables* terbagi menjadi 2 tipe yaitu data dan *values*.



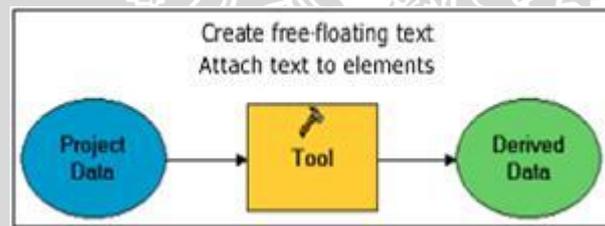
Gambar 2.4 Elemen dalam Model Builder
Sumber: ESRI (2002)

Data *variables* merupakan data yang tersimpan dalam *disk* atau *layer* yang tampak pada *table of contents ArcMap*. *Values variables* (nilai variabel) adalah angka, teks, referensi spasial dan *geographic extents*. Ada 2 tipe *Values variables* yaitu: *input* dan *derived*. *Connectors* model builder terdiri dari empat tipe yaitu data, *environment*, *precondition*, and *feedback*. *Connector arrows* menunjukkan arah dari proses.

Tabel 2.2 *Connectors Model Builder*

<i>Connector arrows</i>	Deskripsi
	<i>Data Connector</i> menghubungkan variabel dengan <i>tool</i>
	<i>Environment connector</i> menghubungkan variabel yang berisi <i>environment setting (data or value)</i> kepada <i>tool</i>
	<i>Precondition connector</i> garis hubung dari variabel ke <i>tool</i> . <i>Tool</i> akan dijalankan hanya jika isi dari <i>precondition variable</i> telah ada (selesai)
	<i>Feedback connector</i> adalah garis yang menghubungkan hasil dari sebuah <i>tool</i> akan dikembalikan ke <i>tool</i> yang sama sebagai masukan

Teks labels dalam model builder digunakan sebagai keterangan tambahan pada *variable*, *tool*, maupun *connector model element*. *Text labels* tidak termasuk sebagai bagian urutan proses. *Text labels* dapat diikatkan kepada *element model* dan dapat juga berdiri sendiri di dalam diagram model.



Gambar 2.5 Teks Label

Sumber: ESRI (2002)

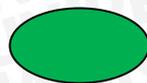
Keterangan:



: *Input*



: *Proses*



: *Output*

1. Input, yakni data awal yang akan diproses. Data ini bisa berupa raster ataupun vektor. Cara memasukkan data bisa melalui tool “Add Data” atau langsung dengan menarik (men-drag) data dari ArcCatalog/ArcMap ke dalam Model Builder. Jenis data ini ditandai dengan bentuk oval berwarna biru.

2. Proses, yakni proses geoprocessing yang akan dikenakan ke input. Cara memasukkannya ke dalam model adalah dengan menarik (men-drag) proses dari ArcToolbox menuju Model Builder. Proses ditandai dengan bentuk kotak persegi panjang berwarna putih. Pemasukan data Input ke dalam Proses, bisa dengan menggunakan tool “Add Connection” ataupun dengan mengisikan langsung pada parameter proses, untuk mengisikan parameter-parameter dari proses bersangkutan bisa dilakukan dengan mengklik dua kali kotak proses. Apabila parameter-parameter telah lengkap, maka proses sudah siap dijalankan yang ditandai dengan berubahnya warna kotak proses dari putih menjadi kuning.
3. Output, yakni hasil dari proses geoprocessing yang dilakukan. Output secara otomatis masuk ke model bersamaan dengan dimasukkannya kotak Proses. Output ditandai dengan bentuk oval yang pada mulanya berwarna putih kemudian berubah menjadi hijau apabila parameter Input pada Proses telah dimasukkan. Output bisa dijadikan Input bagi proses-proses selanjutnya.

2.9.2 Keunggulan Model Builder

Model builder memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

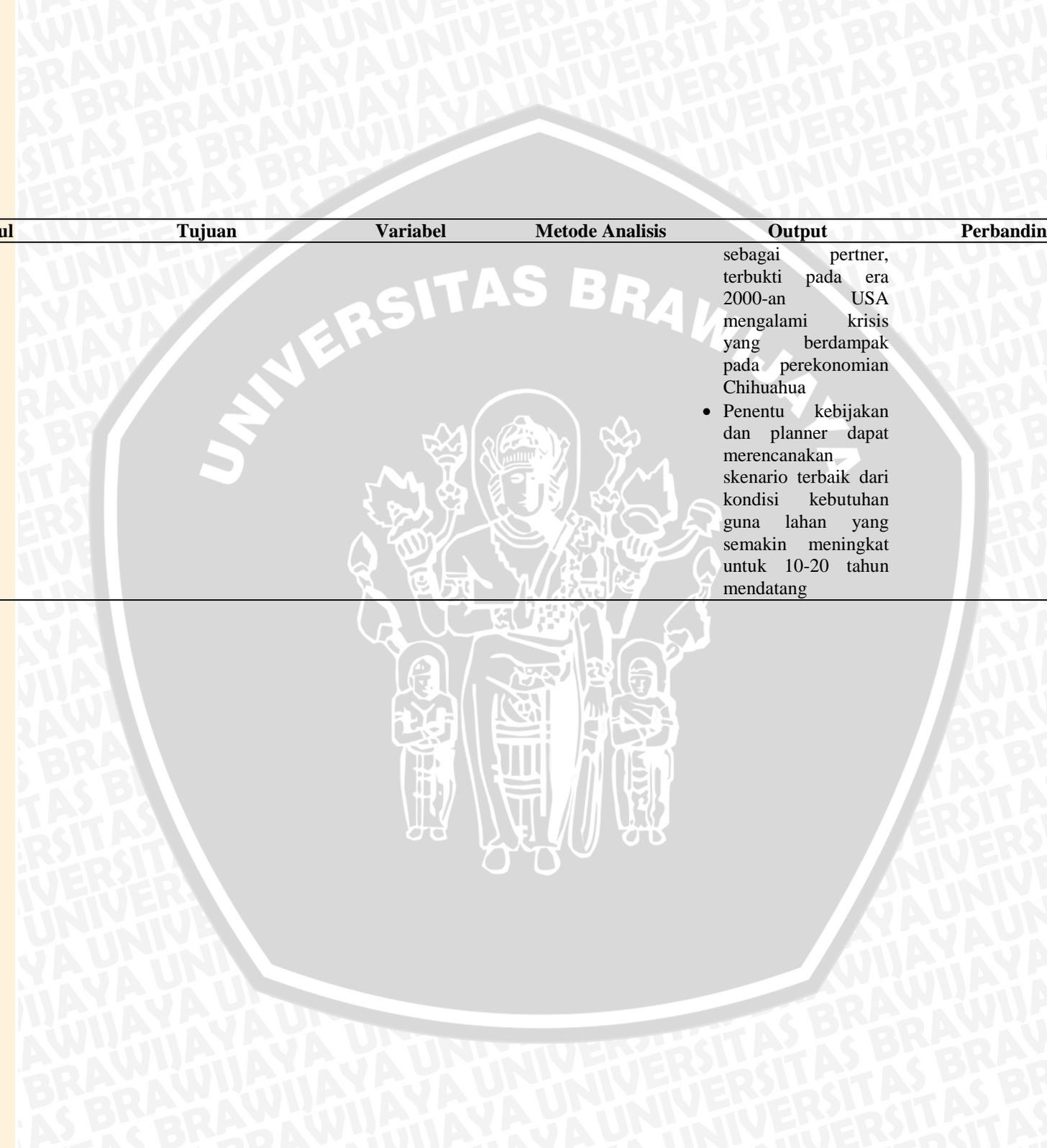
- a. Memproses sebuah model secara sekaligus tidak satu persatu
- b. Dapat membantu mengeksplorasi suatu tool yang digunakan dalam proses membuat model
- c. Sangat mudah digunakan dengan menggunakan logika dan lain-lain
- d. Keunggulan paling utama model builder adalah dapat memproses model yang sederhana sampai paling rumit

2.10 Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu

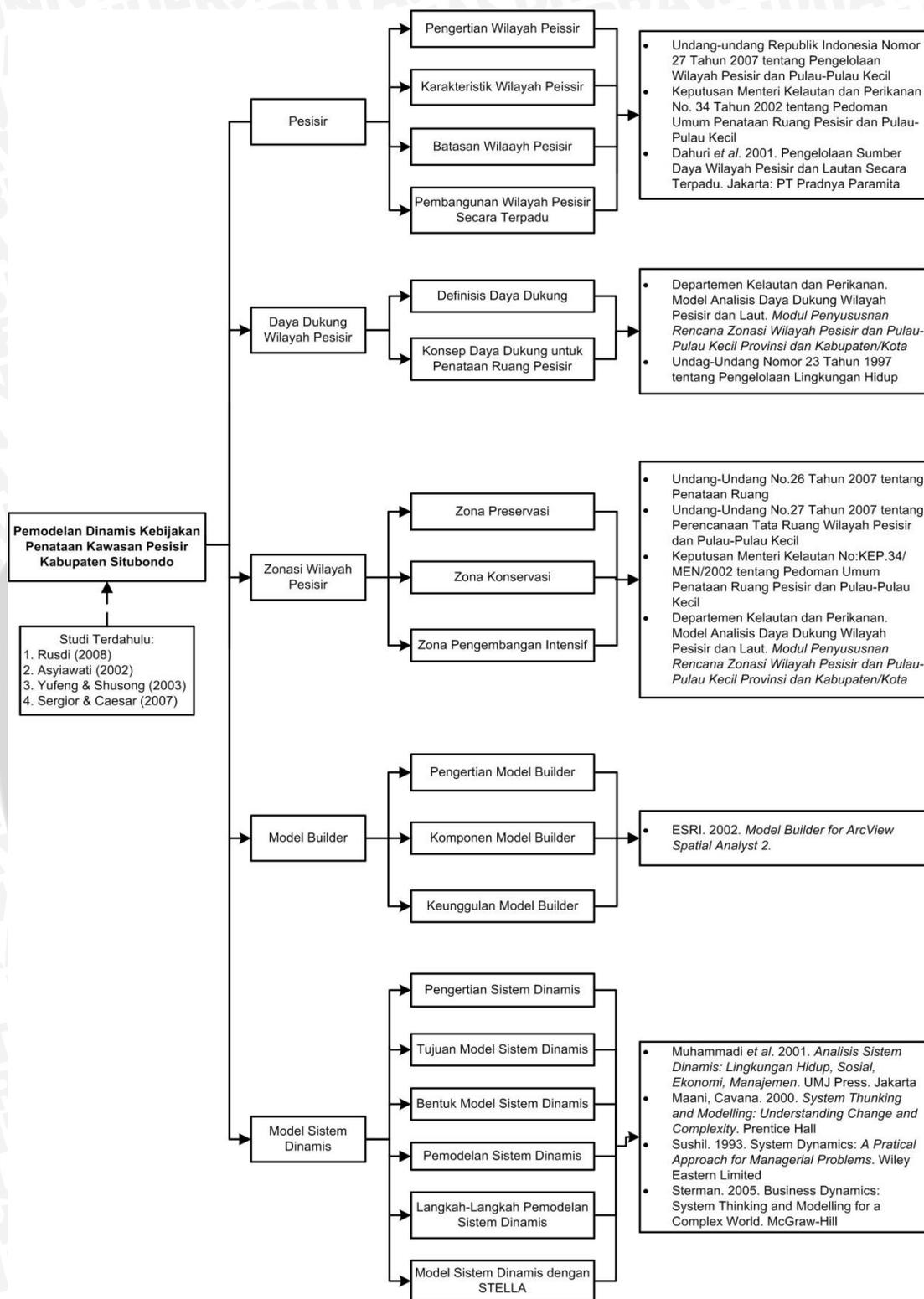
No.	Judul	Tujuan	Variabel	Metode Analisis	Output	Perbandingan
1	Pemodelan Pengelolaan kawasan Pesisir Secara Berkelanjutan di Kabupaten Bangka Barat. <i>Tesis.</i> (Rusdi, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> Membangun model pengelolaan pesisir yang berkelanjutan Membuat skenario dan pilihan-pilihan kebijakan pengelolaan kawasan pesisir yang bisa diterapkan Mengetahui struktur permasalahan pengelolaan kawasan pesisir dan memperkirakan yang akan terjadi bila tidak dilakukan intervensi 	<ul style="list-style-type: none"> Perikanan Tambang Bakau 	<ul style="list-style-type: none"> Metode <i>system dynamics</i> 	Perumusan kebijakan pengelolaan pesisir yang berkelanjutan	Persamaan <ul style="list-style-type: none"> Sama-sama menggunakan analisis <i>system dynamics</i> Perumusan kebijakan Sama-sama membuat skenario dan pilihan kebijakan Perbedaan <ul style="list-style-type: none"> Perbedaan pada wilayah penelitian dan hasil akhir Variabel yang digunakan berbeda
2	Pendekatan Dinamik Ruang Wilayah Pesisir. <i>Tesis.</i> (Asyiwati, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi dan mengevaluasi pemanfaatan ruang wilayah pesisir di Kabupaten Bantul serta menganalisis kesesuaian pemanfaatannya Mengembangkan model-model dan skenario rencana tata ruang wilayah pesisir Kabupaten Bantul melalui pendekatan model dinamik 	<ul style="list-style-type: none"> Aspek fisik Sosial kependudukan Ekonomi kelembagaan 	<ul style="list-style-type: none"> Metode <i>system dynamics</i> 	Menyusun arahan pemanfaatan ruang wilayah pesisir Kabupaten Bantul	Persamaan <ul style="list-style-type: none"> Sama-sama menggunakan analisis <i>system dynamics</i> Variabel yang digunakan sama yaitu kependudukan dan aspek fisik Perbedaan <ul style="list-style-type: none"> Perbedaan pada wilayah penelitian dan hasil akhir

No.	Judul	Tujuan	Variabel	Metode Analisis	Output	Perbandingan
3	<i>System Dynamics</i> untuk Pemnbangunan Kota Berkelanjutan di Hinschu Science Park, Taiwan. <i>Jurnal Internasional</i> . (Yufeng & Shusong, 2003)	<ul style="list-style-type: none"> Memahami hubungan interaktif antara subsistem dan indikator dalam pengembangan sistem yang berkelanjutan dari sebuah kota Membahas sosial, ekonomi, dan isu-isu lingkunganyang terjadi dalam sistem dinamik model Menentukan strategi untuk pengelolaan dan pengoprasian sebuah kota 	<ul style="list-style-type: none"> Sistem ekonomi perkotaan Polusi lingkungan Industri Populasi Sistem pola penggunaan lahan 	<ul style="list-style-type: none"> Metode Fuzzy Delphi berkaitan dengan ekonomi, sosial, dan aspek lingkungan dalam teori pembangunan berkelanjutan Sistem dinamik dengan STELLA 	Perumusan kebijakan pengembangan kota berkelanjutan sesuai dengan skenario berikut: <ul style="list-style-type: none"> Strategi pengembangan ekonomi Strategi perlindungan lingkungan Strategi sosial 	Persamaan <ul style="list-style-type: none"> Sama-sama menggunakan analisis sistem dinamik dengan <i>software</i> STELLA Perbedaan <ul style="list-style-type: none"> Perbedaan pada wilayah penelitian dan hasil akhir
4	Perubahan Guna Lahan di Ciudad Juares, Chihuahua dengan Model Sistem Dinamik. <i>Jurnal Internasional</i> . (Sergior & Caesar, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui penyebab perubahan penggunaan lahan Mengetahui dampak terhadap sosial-ekonomi terhadap perubahan guna lahan 	<ul style="list-style-type: none"> Ekonomi Kependudukan Pertumbuhan guna lahan 	<ul style="list-style-type: none"> Sistem dinamika dengan STELLA 	Perubahan guna lahan dipengaruhi oleh tingginya tingkat pertumbuhan ekonomi pada Ciudad Juares, Chihuahua, yang berhubungan dengan kinerja sektor industri Maquiladora (1980-2000) <ul style="list-style-type: none"> Kinerja sektor ekonomi sangat tergantunga dan dipengaruhi oleh kondisi perekonomian USA 	Persamaan <ul style="list-style-type: none"> Menggunakan variabel yang sama yaitu kepadudukan dan lahan Menggunakan metode analisis sistem dinamik dengan STELLA untuk menentukan skenario terbaik Perbedaan <ul style="list-style-type: none"> Perbedaan pada wilayah penelitian dan hasil akhir



No.	Judul	Tujuan	Variabel	Metode Analisis	Output	Perbandingan
					sebagai partner, terbukti pada era 2000-an USA mengalami krisis yang berdampak pada perekonomian Chihuahua	
					<ul style="list-style-type: none"> • Penentu kebijakan dan planner dapat merencanakan skenario terbaik dari kondisi kebutuhan guna lahan yang semakin meningkat untuk 10-20 tahun mendatang 	

2.11 Kerangka Teori



Gambar 2.6 Kerangka Teori