

MODEL SISTEM PRODUKSI BIOETANOL BERKELANJUTAN

Rani Ismiarti Ergantara

**Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati,
Jl. Pramuka No 27 Kemiling, Bandar Lampung, Telp/Fax. (0721) 271112 – (0721) 271119**

e-mail :

ergantararani@malahayati.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan bioetanol di Indonesia dihadapkan pada keterbatasan modal, produktivitas bahan baku rendah, kontinuitas bahan baku tidak terjamin, limbah bioetanol yang berpotensi memberikan dampak pada lingkungan, dan belum adanya sistem tata niaga biofuel yang jelas. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pola aktivitas sistem produksi bioetanol dan membuat model sistem produksi bioetanol berkelanjutan di PT X yang merupakan satu-satunya industri bioethanol di Kabupaten Lampung Utara Provinsi Lampung. Metode penelitian yang digunakan adalah pemodelan dengan pendekatan berpikir sistem. Pemodelan sistem bioetanol berkelanjutan dianalisis melalui identifikasi permasalahan/ situasi, variabel kunci, perilaku dari waktu ke waktu, diagram lingkaran sebab akibat, sistem *archetype*, *leverage points*, dan pengembangan strategi intervensi. Identifikasi struktur dan perilaku dilakukan pada dua sub model yaitu sub model penyediaan bahan baku oleh petani ubi kayu Kab. Lampung Utara dan pengolahan bioetanol oleh PT. X. Hasil analisis *system archetype* menunjukkan bahwa produksi bioetanol PT. X dihadapkan pada kesulitan memperoleh ubi kayu akibat penurunan produktivitas. Upaya penggunaan pupuk yang telah dilakukan petani untuk meningkatkan produktivitas pada jangka waktu tertentu mengarah pada produktivitas yang semakin menurun dan berpotensi mengasamkan tanah akibat pemupukan yang tidak seimbang. Hasil penelitian menunjukkan terdapat empat strategi intervensi yang dikembangkan untuk mencapai model sistem produksi bioetanol berkelanjutan. Pertama, perlu peningkatan mutu intensifikasi melalui pengelolaan lahan berkelanjutan menggunakan teknologi pengapuran terpadu dan pemanfaatan pupuk *sludge*. Kedua, perlu pembentukan kemitraan indutri dan asosiasi petani ubi kayu menggunakan pola kemitraan pengembangan sub terminal agribisnis. Ketiga, perlu peningkatan kesadaran dan kepedulian petani melalui peningkatan kualitas pengetahuan dan partisipasi dalam rencana penggunaan pupuk *sludge*. Keempat, perlu adanya pengenalan kepada petani dan pengawasan pemerintah terhadap pelaksanaan kebijakan insentif lahan pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: model, sistem produksi, bioetanol, berkelanjutan, ubi kayu, berpikir sistem, diagram lingkaran sebab-akibat, *system archetype*.

ABSTRACT

Sustainable Bioethanol Production System Model. Development of bioethanol production systems in Indonesia were faced with limited capital, low productivity of raw material, discontinuity of raw material, and bioethanol waste that potentially affecting the environment, and obscurity biofuel trade system. The purposes of this study were to analyze the pattern of activity of bioethanol production systems and create a model of sustainable bioethanol production systems at PT. X which is the only one bioethanol industry in North Lampung District of Lampung Province. The modelling method used is systems thinking approach. Modeling using systems thinking was analyzed through identifying problems/ situations, key variables, behavior over time, causal loop diagram (CLD), archetype system, leverage points, and developing intervention strategies. Structure and behavior model indentifying were conducted in two sub-models supply of raw materials by cassava farmer of North Lampung District and processing of bioethanol by PT. X. The analysis system showed that the production of bioethanol PT. X were faced with the difficulty in obtaining cassava due to productivity decreased. Fertilizers has been used to increase productivity but in a period of time this activity leads to productivity decreased and potentially acidify the soil due to unbalance fertilization. The results showed that there were four intervention strategies developed to achieve sustainable bioethanol production system model. First, there is a need to improve the quality of intensification through sustainable land management technologies which integrated liming and fertilizer utilization of sludge. Second, the need of industrial partnerships and establishment of cassava farmers association using sub terminal agribusiness partnership development. Third, the need to increase farmers' awareness and concern through improving quality knowledge and participation within the plan of sludge fertilizer application. Fourth, the need of farmers introduction and government oversight implementation in sustainable agriculture incentive policies.

Keywords: model, production system, bioethanol, sustainable, cassava, systems thinking, causal loop diagram, *system archetype*

1. LATAR BELAKANG

Kenaikan harga dan kelangkaan minyak bumi maupun gas alam cair di masa mendatang membuka peluang penggunaan etanol sebagai energi alternatif dalam upaya meningkatkan ketahanan energi. Pemanfaatan bahan bakar alternatif tersebut bertujuan untuk mencukupi kebutuhan energi sektor transportasi, sektor rumah tangga, dan sektor industri yang saat ini sebagian besar dipenuhi oleh bahan bakar minyak (BPPT, 2010).

Ubi kayu memegang peranan penting sebagai komoditas unggulan bahan baku bioetanol di Indonesia karena tingkat produksinya cenderung meningkat dari tahun 2000 – 2009. Namun, pengembangan bioetanol ubi kayu dihadapkan pada beberapa permasalahan antara lain keterbatasan modal bagi pengembang skala kecil, produktivitas bahan baku rendah, dan kontinuitas bahan baku tidak terjamin (Erlina dkk, 2011). Selain itu pengembangan bioetanol pengganti bahan bakar dihadapkan juga pada kendala belum adanya kejelasan tentang insentif bagi investor pabrik etanol, belum adanya kepastian penggunaan *biofuel*, dan ketidakjelasan sistem tata niaga *biofuel* (Murdiyatmo, 2006).

Permasalahan tersebut juga dirasakan oleh pabrik etanol berbahan baku ubi kayu terbesar di Provinsi Lampung yaitu PT. X. Setiap harinya MEL hanya mampu mengolah rata-rata 300 ton ubi kayu dan menghasilkan 46 kilo liter bioetanol saja, sedangkan kapasitas terpasang pabrik memerlukan ketersediaan ubi kayu 1.200 ton/ hari untuk menghasilkan 120 kilo liter bioetanol dengan *grade* 96% (PT X, 2011).

Pasokan ubi kayu ke PT. X masih rendah disebabkan adanya persaingan dengan industri tepung tapioka dan industri pengolahan makanan lainnya. Selain itu, tingkat produktivitas ubi kayu di tingkat petani Kabupaten Lampung Utara pun masih rendah, yaitu 20 ton/ ha (Hairiah, dkk., 2000). Permasalahan juga timbul pada saat konversi ubi kayu menjadi bioetanol akibat penggunaan sumberdaya dan limbah yang dihasilkan.

Berbagai peluang potensial sebenarnya dimiliki PT. X dalam mengatasi permasalahan yang timbul akibat aktivitas di hulu sistem produksi bioetanol, namun sampai saat ini implementasi kebijakan manajemen produksi masih belum dilakukan secara optimal. Apabila perilaku aktivitas pelaku dalam sistem produksi bioetanol tersebut tidak segera diantisipasi, maka akan berpengaruh pada keberlanjutan aktivitas industri dan petani. Hal tersebut kuat mengindikasikan diperlukannya penelitian merancang model sistem produksi bioetanol berkelanjutan yang dapat menjamin keberlanjutan aktivitas petani dan PT. X.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi aktivitas sistem produksi

bioetanol MEL dari hulu sampai hilir untuk memperoleh gambaran tentang perilaku aktivitas pelaku dalam sistem dan membuat model sistem produksi bioetanol berkelanjutan berbasis pendekatan berpikir sistem.

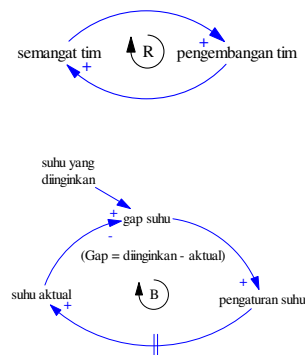
2. TINJAUAN PUSTAKA

Causal Loop dan Perilaku Sistem

Pemodelan menggunakan pendekatan berpikir sistem (*systems thinking*) ditandai dengan adanya *causal loop* sebagai akibat dari proses umpan balik yang terjadi sehingga menimbulkan perilaku tertentu dalam sistem. *Causal loop* dihubungkan oleh *causal link* menggunakan tanda-tanda sebagai berikut:

- Causal link* dari elemen A kepada elemen B diberi tanda positif (+) atau (S) jika meningkatkan B, atau perubahan pada elemen A memberikan dampak perubahan yang sama pada B;
- Causal link* dari elemen A kepada elemen B diberi tanda negatif (-) atau (O) jika peningkatan A mengurangi B, atau perubahan pada elemen A memberikan dampak perubahan sebaliknya pada B.

Causal link yang membentuk *causal loop* secara utuh juga dibubuhi tanda positif atau negatif. *Loop* diberikan tanda positif (+) atau *Reinforcing* (R) jika *causal loop* negatif pada *loop* tersebut berjumlah genap atau keseluruhan *link* pada *causal loop* tersebut memiliki tanda positif. Sedangkan *loop* diberikan tanda negatif (-) atau *Balancing* (B) jika *causal loop* negatif pada *loop* tersebut berjumlah ganjil.



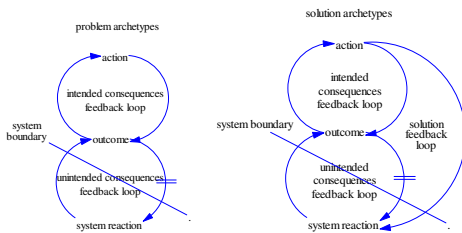
Gambar 1. Penandaan Pada Causal Loop (Maani and Cavana, 2007)

- 1) *System Archetype*, *Problem Archetype* dan *Solution Archetype*

System archetype merupakan alat yang dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi secara berulang-ulang dari waktu ke waktu. Menurut Wolstenholme (2003), *system archetype* adalah cara mengklasifikasikan struktur yang menghasilkan pola umum sebuah perilaku dari waktu ke waktu,

terutama perilaku kontra intuitif. Berdasarkan pola-pola umum dalam *system archetypes*, dapat mengembangkan struktur yang diinginkan untuk menghasilkan perilaku sesuai yang diharapkan. Oleh karena itu, sangat diperlukan pemahaman bagaimana melihat permasalahan (*problem archetype*) dan mencari solusi (*solution archetype*) dari model *archetype*.

Problem archetype merupakan *archetype* yang memiliki pola perilaku yang cenderung berbeda dengan apa yang diharapkan muncul dari *loop intended consequence* dari individu, kelompok atau sektor yang berasal dari dalam maupun dari luar organisasi (Wolstenholme, 2003). Setiap *problem archetype* memiliki *solution archetype* yang menciptakan *loop tertutup (closed loop)* yang dapat mengurangi atau menghilangkan efek samping yang tidak diinginkan (*unintended consequence*) yang muncul. Pada waktu mengidentifikasi *solution archetype* sangat penting memahami besarnya *delay* (waktu tunda) dan karakter dari batasan-batasan organisasi yang muncul. Struktur umum dari *problem archetype* dan *solution archetype* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Struktur Umum Problem Archetype dan Solution Archetype (Wolstenholme, 2003)

Selanjutnya Wolstenholme (2003) membagi empat macam *system archetypes* yang merupakan *archetype* dua loop (*problem and solution archetypes*) sebagai berikut.

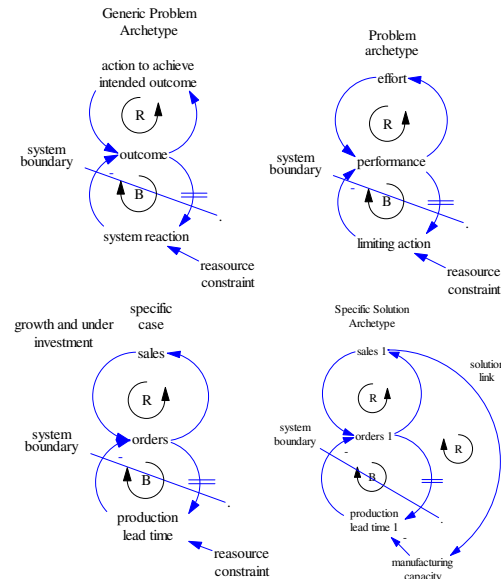
1) *Underachievement*, menunjukkan tujuan yang gagal untuk diwujudkan.

Archetype ini terdiri atas *intended consequence loop (ic loop)* positif dan *unintended consequence loop (uc loop)* negatif. Pada tipe ini, *ic loop* dimaksudkan untuk memperkuat pencapaian hasil. Namun, dalam pencapaiannya mendapat reaksi dari sektor lain yang biasanya muncul sebagai akibat dari keterbatasan sumberdaya setelah adanya waktu tunda (*delay*) sehingga menciptakan *uc loop* baru yang menyebabkan pencapaian hasil menjadi menurun dari waktu ke waktu.

Solusi yang disarankan untuk masalah *archetype* ini adalah menggunakan beberapa elemen dari tindakan hasil untuk meminimalkan reaksi di bagian lain dan biasanya dengan menghambat masalah keterbatasan sumberdaya. Oleh karena itu perlu memunculkan *loop* positif baru yang memperkuat *ic loop* untuk melawan

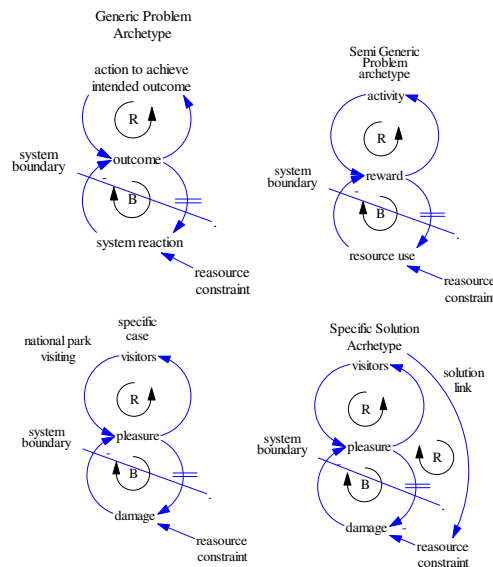
reaksi keseimbangan. *System archetype* yang termasuk dalam kategori *underachievement archetype* adalah *limit to success* dan *tragedy of the commons*.

a. *Limit to success* :



Gambar 3. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Archetypes Limit To Success (Wolstenholme, 2003)

b. *Tragedy of the commons* :



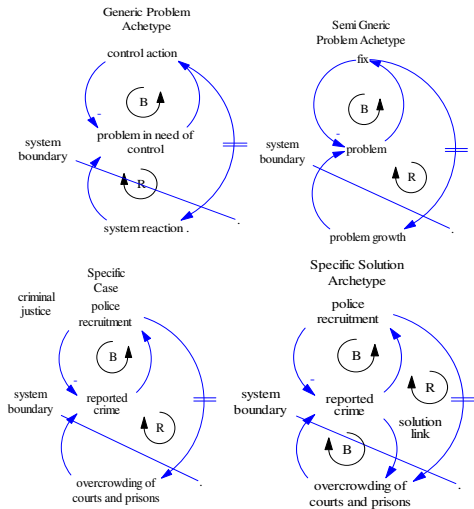
Gambar 4. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Archetypes Tragedy Of The Commons (Wolstenholme, 2003)

2) *Out Of Control*, menunjukkan bahwa kontrol yang diinginkan gagal untuk diwujudkan.

Archetype ini terdiri atas *ic loop* negatif dan *uc loop* positif. *Ic loop* merupakan *loop* yang mengontrol besarnya masalah suatu organisasi.

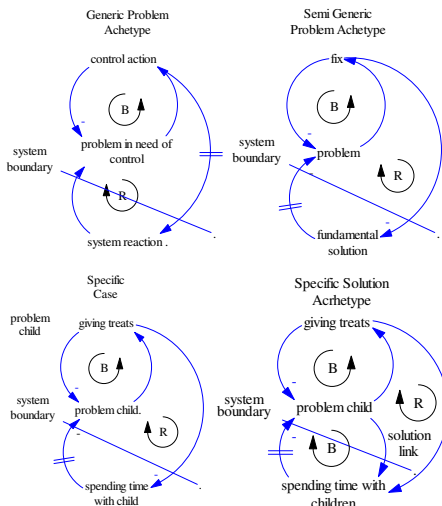
Namun, reaksi yang muncul dari sistem adalah *loop* positif yang memperburuk masalah dan semakin tidak terkendali. Solusi yang disarankan adalah dengan menciptakan *solution link* yang menghubungkan masalah dengan reaksi sistem sehingga terbentuk *loop* negatif sebagai penyeimbang *loop* untuk menekan pertumbuhan masalah. *System archetype* yang termasuk dalam kategori *out of control archetype* adalah *fixes that fail*, *shifting the burden*, dan *accidental adversaries*.

a. *Fixes that fails* :



Gambar 5. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Archetypes Fixes That Fail (Wolstenholme, 2003)

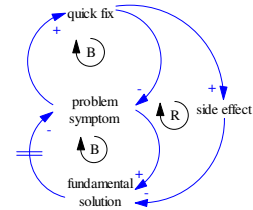
b. *Shifting The Burden*:



Gambar 6. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Archetypes Shifting The Burden (Wolstenholme, 2003)

Struktur umum *system archetype* pola *shifting the burden* ini memiliki perbedaan dengan

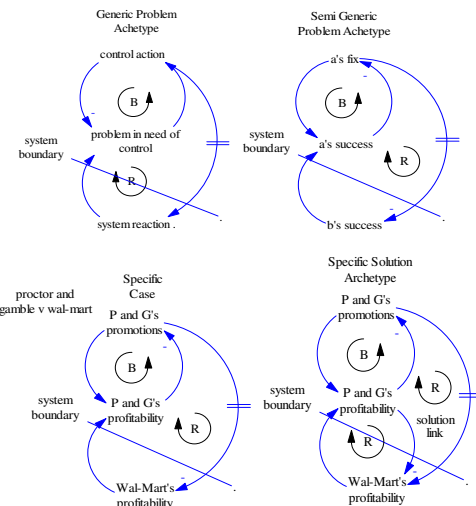
archetype menurut Maani and Cavana, 2007 sebagai berikut.



Gambar 7. Struktur Umum Achetypes Shifting The Burden (Maani and Cavana, 2003)

Perilaku dalam sistem ini menunjukkan bahwa solusi jangka pendek diberikan untuk mengatasi gejala masalah, namun dalam jangka panjang solusi perbaikan cepat ini kemudian diikuti oleh konsekuensi yang tidak diinginkan, kepercayaan besar untuk solusi perbaikan cepat, penguatan disosiasi isu dasar.

c. *Accidental adversaries* :

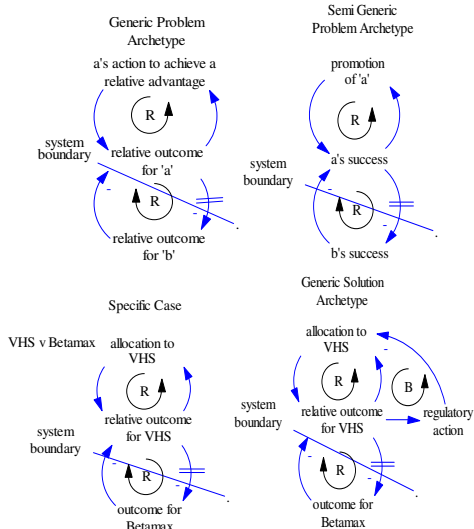


Gambar 8. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Archetypes Accidental Adversaries (Wolstenholme, 2003)

3) *Relative Achievement*, menunjukkan bahwa hasil diperoleh atas masalah di sektor lain

Pada *archetype* ini, *ic loop* bernilai positif dan bertujuan untuk meningkatkan hasil (*outcome*) dari sebuah organisasi. Pencapaian hasil diperoleh melalui peran dari sektor lain pada organisasi dan hasil dari struktur tersebut adalah adanya *uc loop* yang merupakan *loop* positif. Permasalahan yang muncul adalah dikarenakan *loop* positif sebagai reaksi dari *uc loop* yang merupakan *loop* positif menunjukkan perilaku yang terus menurun. Kombinasi dari kedua *loop* tersebut kemudian akan menghasilkan "zero sum game". *System archetype* yang termasuk dalam kategori *relative achievement* adalah *success to the successful*.

a. *Success to the successful* :

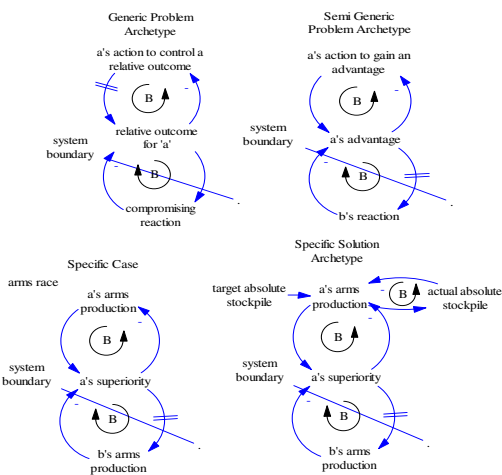


Gambar 9. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Archetypes Success To Successful (Wolstenholme, 2003)

4) *Relative Control*, menunjukkan dimana kontrol diperoleh dengan mengorbankan sektor lain.

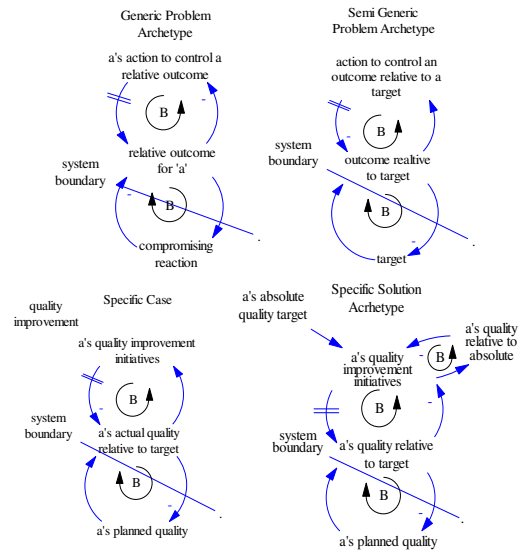
Pada *relative control archetype*, *ic loop* dan *uc loop* merupakan *loop* negatif dimana *loop* ini bertujuan mengelola dan mengendalikan hasil yang relatif. Namun, hasil relatif memicu reaksi di sektor lain organisasi yang kemudian berkompromi dengan hasil yang diberikan oleh *loop* pertama. Solusi yang disarankan adalah dengan mendefinisikan target absolut sehingga menghasilkan proses pengendalian masalah secara absolut dan bukan relatif. *System archetype* yang termasuk dalam kategori *relative control* adalah *escalation dan drifting goals*.

a. *Escalation* :



Gambar 10. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Archetypes Escalation (Wolstenholme, 2003)

b. *Drifting Goals* :



Gambar 11. Struktur Umum Problem Archetypes dan Solution Drifting Goals (Wolstenholme, 2003)

Leverage Points

Menurut Meadows (1997), *leverage point* merupakan daerah/ titik yang dapat menyebabkan perubahan fundamental bagi keseluruhan sistem. Strategi intervensi tersebut dapat dilakukan dengan melihat titik penting dalam sistem yang mengacu pada *lists "Places to Intervene In The System"* yang dikemukakan Meadows (1997). *Leverage points* dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi titik-titik penting diantara pilihan-pilihan sebagai berikut.

- 1) Pola pikir atau paradigma asal sistem, seperti mengintervensi tujuan, kekuatan struktur, peraturan, budaya
- 2) Tujuan sistem
- 3) Kekuatan menambah, menyeimbangkan, atau mengorganisir struktur sistem. Contohnya adalah mengubah beberapa aspek pada sistem, seperti menambah struktur fisik, menambah *loop* positif dan negatif, dan membuat peraturan baru.
- 4) Peraturan sistem, seperti mengintervensi insentif, hukuman, dan kendala
- 5) Struktur aliran informasi
- 6) Struktur aliran materi
- 7) Pencapaian lingkaran umpan balik positif yang ditujukan untuk penguatan perilaku yang baik.
- 8) Pengaturan lingkaran umpan balik negatif yang ditujukan untuk menjaga perilaku untuk selalu dekat pada tujuan yang diinginkan.
- 9) Konstanta, parameter, angka, seperti subsidi dan pajak

3. METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah sistem produksi bioetanol PT. X, Desa Talang Jali, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung. Sistem produksi ini meliputi struktur fisik (aliran sumberdaya, energi, orang, barang) dan pembuatan keputusan aktivitas oleh petani dan PT. X. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif karena penelitian ini menekankan pada penggambaran, pemahaman, dan penjelasan pada fenomena yang kompleks antar variabel terkait yang didapat melalui data yang dikumpulkan (Creswell, 1998). Metode kualitatif dipilih terkait dengan pendekatan analisis yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *system thinking*. Metode pembuatan model pada penelitian ini meliputi tujuh tahapan yaitu 1) identifikasi permasalahan/ situasi, 2) identifikasi variabel kunci, 3) identifikasi perilaku dari waktu ke waktu/ *behaviour over time* (BOT), 4) membangun diagram lingkaran sebab akibat/ *causal loop diagram* (CLD), 5) identifikasi *system archetype*, 6) identifikasi *leverage points*, dan 7) strategi intervensi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Perilaku Sistem Produksi Bioetanol.

Aktivitas Penyediaan Bahan Baku Ubi Kayu

Usaha tani ubi kayu di Kab. Lampung Utara sebagian besar dilakukan di lahan kering dengan pola tanam monokultur. Varietas yang banyak ditanam adalah varietas Kasesa (kadar aci 28%) dan Thailand (kadar aci 22%) dengan umur masak 7 – 12 bulan.

Pelaksanaan penanaman ubi kayu dilakukan melalui tahapan pengolahan pembajakan, penanaman bibit, pemeliharaan, panen dan pengelolaan pasca panen. Berdasarkan hasil wawancara dengan petani rekanan PT. X, rata-rata produktivitas ubi kayu adalah 10 – 12 ton/ ha. Produktivitas ini masih jauh dari maksimal produktivitas yang dapat dicapai apabila pengelolaan lahan dilakukan secara optimal, yaitu 30 – 40 ton/ ha. Rendahnya produktivitas ini lebih disebabkan penurunan kesuburan tanah yang mengakibatkan kebutuhan pupuk semakin banyak sedangkan modal yang dimiliki petani rendah. Upaya peningkatan produktivitas telah dilakukan melalui penambahan pupuk, namun fenomena yang terjadi kemudian adalah produktivitas ubi kayu pada awalnya meningkat lalu menurun kembali seiring waktu berjalan dan berpotensi merusak lahan.

Sistem penjualan hasil panen ubi kayu ini dilakukan petani ubi kayu dengan beli putus dimana petani menjual langsung ke lokasi pabrik PT. X. Harga jual ubi kayu di tingkat petani saat ini Rp. 700 – Rp. 915. Dengan rata-rata harga jual ubi kayu Rp.

760 dan produktivitas 10 – 12 ton/ ha, maka rata-rata pendapatan petani ubi kayu adalah Rp. 7.600.000 – Rp. 9.120.000/ ha.

Gambaran Umum Perilaku Aktivitas Pengolahan Bioetanol PT. X

Pabrik Ethanol PT. X didesain untuk menggunakan dua bahan baku yaitu ubi kayu sebagai bahan baku utama dan tetes tebu (*molasses*) sebagai bahan baku cadangan. Kapasitas terpasang pabrik ini mampu mengolah 1.200 ton ubi kayu per hari untuk menghasilkan produk bioetanol sebanyak 180 kilo liter/ hari dengan asumsi kapasitas digunakan 100%. Pada kenyataannya utilitas pabrik hanya mencapai produksi sebesar 30% saja.

Proses pengolahan ubi kayu menjadi bioetanol dilakukan dengan empat cara, yaitu persiapan awal, likuifaksi, sakarifikasi dan fermentasi, distilasi, dan dekantasi. Pada pengoperasian pabrik dihasilkan produk utama etanol dengan rata-rata 38 kiloliter/ hari dengan *grade* 96% serta produk sampingan berupa spiritus, minyak fusel, dan CO₂. Pemasaran produk bioetanol tersebut dilakukan dengan angkutan laut dengan tujuan Singapura, Korea Selatan, Taiwan, dan Jawa Timur. Proses *loading* dan *unloading* dilakukan di pelabuhan Panjang, Bandar Lampung. Bioetanol dijual dengan harga 600 USD atau setara dengan Rp. 5.500 per liter. Onggok dijual dengan harga Rp. 500.000/ ritase.

Pada pelaksanaan produksinya, PT X melakukan pendekatan sosial melalui pemilihan tenaga kerja yang diutamakan penduduk lokal. Selain itu pendekatan kelembagaan juga dilakukan dengan cara melakukan kerjasama dengan para *stakeholders* dan pengaplikasian teknologi ekonomis, tepat guna, dan berhasil guna. Sedangkan, sebagai bentuk tanggung jawabnya terhadap masyarakat dan lingkungan sekitar, PT X menerapkan sistem pengelolaan lingkungan dengan melakukan pengukuran terhadap beberapa parameter pencemar air dan udara.

Berdasarkan pengamatan perilaku pengolahan bioetanol didapatkan bahwa PT. X telah mencapai efisiensi penggunaan air dan energi. Selain itu, hasil parameter pencemar air dan emisi menunjukkan nilai yang berada dibawah baku mutu yang ditetapkan. Namun, permasalahan yang terjadi adalah kekurangan pasokan bahan baku dan potensi penumpukan *sludge* yang dapat mencemari lingkungan.

Variabel Kunci

Pada penelitian ini beberapa variabel kunci adalah dilihat dari aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan kelembagaan. Variabel tersebut antara lain kesempatan kerja, pendapatan, penggunaan sumberdaya, akses informasi,

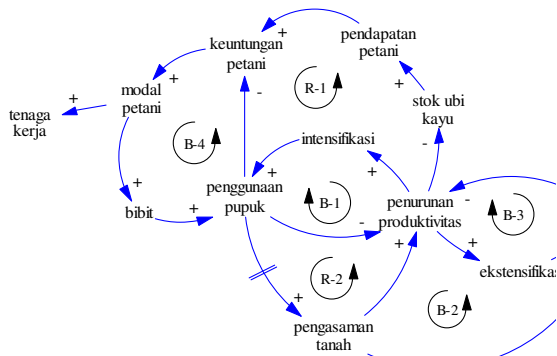
teknologi, kebijakan, sektor informal, dan sistem kelembagaan.

Perilaku waktu ke Waktu/ Behaviour Over Time (BOT)

Penggambaran pola perilaku dari waktu ke waktu bertujuan mempermudah dalam melihat sistem tertentu bekerja dan memberikan informasi mengenai variabel-variabel penting dalam sistem. Berdasarkan variabel terpenting dalam penelitian ini, perubahan pola sistem produksi bioetanol diidentifikasi dari beberapa aspek yaitu produksi, luas tanam, produktivitas, realisasi lahan intensifikasi dan ekstensifikasi ubi kayu, pasokan ubi kayu ke PT. X, produksi bioetanol, limbah *sludge*, dan beberapa parameter sistem pengelolaan lingkungan.

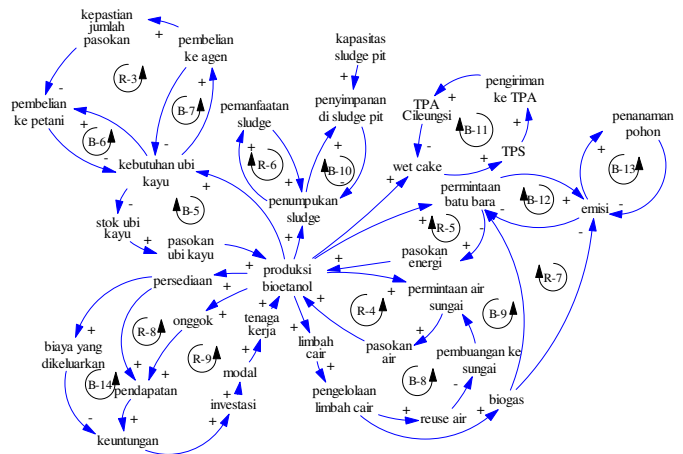
Causal Loop Diagram (CLD)/ Diagram Lingkar Sebab-Akibat

CLD produksi ubi kayu dibuat berdasarkan analisis dokumen, informasi literatur, hasil pengamatan langsung dan wawancara. Agar lebih memahami hubungan antara variabel dalam sistem, diagram lingkaran sebab akibat pertanian ubi kayu digambarkan dalam sub-model sebagai berikut.



Gambar 12. Diagram Lingkar Sebab-Akibat Sub Model Penyediaan Ubi Kayu

Keberlanjutan sistem produksi bioetanol selain ditentukan dari aktivitas hulu (petani ubi kayu) ditentukan juga oleh aktivitas di hilir. Oleh karena itu struktur berikut merupakan representasi perilaku PT. X dalam aktivitasnya menghasilkan produk bioetanol.

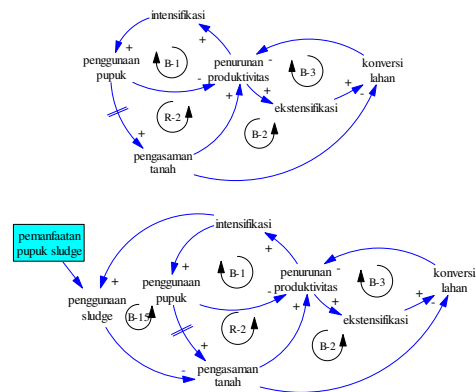


Gambar 13. Diagram Lingkar Akibat Sub Model Produksi Bioetanol PT. X

System Archetype, Leverage points, dan Strategi Intervensi

Berdasarkan pada sub-model yang dikembangkan sebagai representasi dari aktivitas usahatani dan produksi bioetanol PT. X teridentifikasi tiga *archetype* yang sesuai dengan pola umum *system archetype*, yaitu *fixes that fail*, dan *shifting the burden dan limit to success*.

1) System Archetypes 1

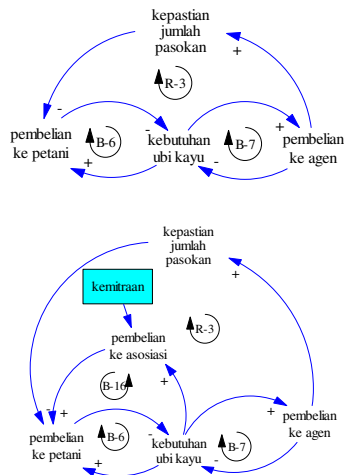


Gambar 14. Problem dan Solution System Achetype Fixes That Fail Penurunan Produktivitas Ubi kayu

Berdasarkan gambar diatas, pelaksanaan intensifikasi melalui penggunaan pupuk kimia dilakukan untuk mengurangi penurunan produktivita ubi kayu. Namun, dalam jangka waktu tertentu perilaku penggunaan pupuk ini kemudian menyebabkan masalah pada lahan yaitu dalam jangka waktu tertentu meningkatkan pengasaman tanah akibat pelaksanaan pengolahan lahan konvensional dimana penggunaan pupuk cenderung dilakukan tidak 4T (tepat jenis, tepat dosis, tepat cara, dan tepat waktu aplikasi).

Solusi permasalahan dari pola *fixes that fail* ini dengan membuat *loop* negatif dengan menggabungkan ketiga cara tersebut melalui peningkatan mutu intensifikasi ubi kayu. Peningkatan mutu intensifikasi tersebut dilakukan dengan paket teknologi maju dan efisien dengan mengacu pada kelestarian lingkungan dengan perbaikan pengelolaan lahan melalui upaya penggunaan *sludge* sebagai penambah hara/ pupuk organik sehingga kesuburan tanah dapat dipertahankan. Dengan adanya penggunaan pupuk *sludge*, penggunaan pupuk kimia diharapkan turun sehingga pengasaman tanah dapat dicegah dan PT. X dapat mengurangi kapasitas limbahnya.

2) *System Archetypes 2*

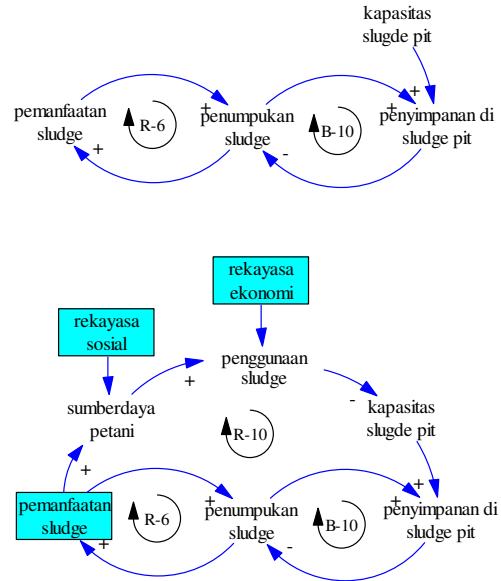


Gambar 15. Problem dan Solution System Achetype Shifting The Burden Kebutuhan Ubi Kayu PT. X

Berdasarkan gambar diatas, pembelian ubi kayu ke agen dilakukan untuk mengatasi kekurangan stok ubi kayu akibat peningkatan kebutuhan ubi kayu PT. X. Namun, pembelian ke agen ini akan meningkatkan ketidakpastian jumlah pasokan ubi kayu yang diperoleh karena terjadi persaingan terbuka dengan pihak-pihak lain yang memerlukan ubi kayu.

Solusi permasalahan dari pola *shifting the burden* ini dilakukan dengan membuat *loop* negatif untuk menekan permasalahan. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak ketidakpastian pasokan ubi kayu dapat dibangun suatu penguatan kelembagaan melalui hubungan kemitraan dan pembentukan asosiasi. Dengan pembentukan kemitraan terjadi hubungan saling menguntungkan dan menguatkan antar kedua belah pihak sedangkan pembentukan asosiasi akan meningkatkan daya tawar petani.

3) *System Archetypes 3*



Gambar 16. Problem dan Solution System Achetype Limit To Success Limbah Sludge

Berdasarkan gambar diatas, upaya pemanfaatan *sludge* dilakukan untuk menurunkan penumpukan *sludge*. Namun, kinerja penumpukan *sludge* ini agar dapat dimanfaatkan kembali dibatasi oleh kapasitas *sludge pit* sebagai tempat penyimpanan *sludge*. Jika limbah *sludge* ini tidak ditangani secara benar dan terus ditumpuk maka akan berpotensi mencemari lingkungan dan akan terlepas ke badan air atau lingkungan

Solusi untuk menjaga kapasitas *sludge pit* dapat dilakukan dengan memunculkan *loop* positif melalui rekayasa sosial (penguatan kapasitas SDM petani, introduksi dan adopsi teknologi penggunaan pupuk *sludge*, serta pembentukan dan pengembangan kelembagaan petani) dan ekonomi petani dalam rangka memperkenalkan potensi pemanfaatan *sludge* dalam meningkatkan keuntungan petani.

- Indonesia. *Journal of Sustainable Development Law & Policy*, 4–11, 65-67.
- Creswell, J.W. (1998). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications
- Erlina, Said, Gumbira., Machfus., Sukardi., Mahmud, Zainal. (2011). Kajian Elemen-Elemen Pengembangan Agroindustri Bioetanol Berbasis Bahan Baku Potensial di Provinsi Lampung. *Jurnal Bisnis dan Manajemen*, Vol. 7 No. 2.
- FAO. (2001). *Strategic Environmental Assessment. An Assessment of The Impact of Cassava Production and Processing on the Environment and Biodiversity*. Vol 5.
- Hairiah, K., Widiyanto, Sri Rahayu Utami, Didik Suprayogo, Sunaryo, SM Sitompul, Betha Lusiana, Rachmat Mulia, Meine van Noordwijk dan Georg Cadisch. (2000). *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. Jakarta : SMT Grafika Desa Putera.
- Howeler R.H. 1981. *Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava*. CIAT. Columbia.
- Indraningsih, K. C., Ashari., Friyatno, S. (2006). *Strategi Pengembangan Model Kelembagaan kemitraan Agribisnis Hortikultura Di Bali*. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Universitas Udayana.
- Ispandi, Anwar., dan Munip, Abdul. (2005). Efektifitas Pengapuran Terhadap Serapan Hara dan Produksi Klon Ubikayu Di Lahan Kering Masam. *Jurnal Ilmu Pertanian*, Vol. 12 No. 2, 125 – 139.
- Maani, K. E., & Cavana, R. Y. (2007). *Systems thinking, system dynamics: Managing change and complexity*. Prentice Hall.
- Meadows, D. (1997). *Leverage points: Places to Intervene in a System*. The Sustainability Institute. Retrieved from http://www.sustainer.org/pubs/Leverage_Points.pdf
- Prihandana, R., Noerwijan, K., Adinurani, P.G., Setyaningsih, D., Setiadi, S., dan Hendroko, R. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa depan*. Agromedia Pustaka : Jakarta.
- Pujiharti, Y., Haridjaja, O., Eriyanto., Rusastra, W. I. (2006). Model Pengelolaan Lahan Kering Berkelanjutan Pada Sistem Agribisnis Jagung. *J. Tanah Trop.*, Vol. 13, No. 1, 67 – 76. Doi : ISSN 0852-257X.
- Sterman, J. D. (2000). *System Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*. Working Paper Series at Engineering System Division. Massachusetts Institute of Technology : Boston.
- Sullivan, P. (2003). *Intercropping Principles and Production Practices*. ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. The National Center for Appropriate Technology (NCAT). Retrieved from <http://www.attra.ncat.org>.
- Supardi, G. (1983). *Sifat dan Ciri Tanah*. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
- Tasrif, M. (2005). *Analisis Kebijakan Menggunakan Model System Dynamics* (Magister Studi Pembangunan). Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Van der Heide J., Setijono, S., Syekhfani, M.S., Flach, E. N., Hairiah, K., Ismunandar, S., Sitompul, S.M., Van Noordwijk, M., 1992. Can low external input cropping systems on acid upland soils in the humid tropics be sustainable? Backgrounds of the UniBraw/IB Nitrogen management project in Bunga Mayang (Sungkai Selatan, Kotabumi, N. Lampung, S. Sumatera, Indonesia). *AGRIVITA* 15, 1 - 10.
- Vensim: Ventana Simulation Environment User's Guide Version 5. (1988). Ventana System, Inc. USA.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). (1996). *Eco-efficiency and cleaner production: charting the course to sustainability*. Retrieved from <http://www.wbcsd.ch/printpdf/CLEANER.pdf>
- Wigena, I Gusti Putu., Siregar, H., Sudradjat., Sitorus, Santun R.P. (2009). *Jurnal Agro ekonomi, Volume 27 No. 1*, 81 -108.
- Wijayanto, D.N., Sutrisno., Pratama, A., Taufik, I., Ansari, M., Eko, M., Syafril, R. (2009). Application Of Ethanol As An Alternative Fuel A Technical Review. *Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan*.
- Wolstenholme, E. F. (2003). A Core Set of Archetypal Structures in Systems Dynamics. *Systems Dynamics Review*.
- X Company. (2011). *Company Profile*. Jakarta.