

BAB 2

LANDASAN TEORI

Energi merupakan salah satu kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Berbagai hal mulai dari transportasi, penerangan dan lainnya senantiasa membutuhkan energi. Sebagian besar kebutuhan energi dipenuhi dari minyak bumi sebagai bahan bakunya. Kondisi minyak bumi pada saat ini, persediaan semakin menipis dan harga semakin meningkat, mendorong kita untuk mengembangkan sumber energi alternatif⁴. Cadangan minyak bumi dan gas bumi di Indonesia diperkirakan tidak akan berumur lebih dari 25 tahun. Tanpa penemuan cadangan baru, diperkirakan cadangan yang ada hanya cukup untuk konsumsi selama 18 tahun untuk minyak bumi, 50 tahun untuk gas bumi dan 150 tahun untuk batu bara.¹

Terdapat berbagai sumber energi yang dapat digunakan sebagai bahan bakar fosil dan sifatnya terbarukan, diantaranya adalah tenaga angin, tenaga air, energi matahari, energi panas bumi dan biofuel. Pengembangan *biofuel* merupakan solusi tepat atas permasalahan energi fosil.⁴

2.1 Bahan Bakar Nabati

Biofuel atau Bahan Bakar Nabati (BBN) potensial dikembangkan di Indonesia karena ketersediaan bahan baku melimpah.¹ Bahan Bakar Nabati (BBN) berbeda dengan Bahan Bakar Minyak (BBM) dari fosil yang terbentuk dari tanaman serta hewan mikroskopis selama ratusan juta tahun, BBN lebih berbasiskan pada industri perkebunan dan pertanian.⁵

¹Saparudin, 2007. *Sumber Hayati Bahan Baku Biofuel*. Pusat Pengkajian Kebijakan Difusi Teknologi. BPPT. Jakarta

⁴Tatang H. Soerawidjaja, 2007. *Peningkatan kelangsungan Ekonomi Usaha Pengembangan Jarak Pagar Melalui Pengelolaan Secara terpadu*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITB.

⁵Marek Walisiewicz, 2005. *Energi alternative: Panduan ke Masa Depan teknologi Energi*. Erlangga. Jakarta.

Basis BBN lebih ditekankan kepada budi daya energi (*energy farming*), bukan berburu energi (*energy hunting*) seperti halnya yang dilakukan pada pengolahan BBM.³ *Biofuel* terbagi menjadi biodiesel, bio oil, biogas, biodimetil eter, biometanol dan bioetanol.

- **Biodiesel**

Biodiesel telah digunakan di beberapa Negara, seperti Brazil dan Amerika sebagai pengganti solar. Biodiesel didapatkan dari minyak tumbuhan seperti sawit kelapa, jarak pagar, kapok, dll. Biodiesel mengandung sulfur yang relatif rendah serta angka cetane yang lebih tinggi dibandingkan solar, sehingga menambah daya tarik penggunaan biodiesel.⁴

- **Bio Oil**

Pemanfaatannya digunakan untuk mengganti konsumsi minyak bakar atau sebagai pengganti minyak tanah dan solar

- **Biogas**

Gas bakar yang diproduksi biomassa atau limbah untuk digunakan sebagai *biofuel*.

- **Biodimetil Eter**

Dimetil eter (DME) yang diproduksi dari biomassa dan digunakan sebagai *biofuel*.

- **Biometanol**

Metanol yang diproduksi dari biomassa dan digunakan sebagai bahan bakar.

- **Bioetanol**

Bioethanol merupakan etanol yang diproduksi dari tumbuhan. Menurut Dr. Ir. Arif Yudianto, seorang Peneliti di Balai Besar Teknologi Pati, terdapat tiga kelompok tanaman sumber bioetanol, diantaranya adalah tanaman yang mengandung pati (seperti singkong, kelapa sawit, tengkawang, kelapa, kapuk, jarak pagar, rambutan, sirsak, malapari, dan nyamplung), bergula (tetes tebu atau molase, nira aren, nira tebu nira sorgum manis) dan serat selulosa (batang sorgum, batang pisang, jerami, kayu, dan bagas).

⁴Direktorat jendral Hubungan Darat. 2006. *Peluang Pemanfaatan Biofuel di Sektor Transportasi*. Seminar Nasional Biodiesel. Jakarta.

Seluruh bahan baku itu semuanya ada di Indonesia. Bahan yang mengandung pati, glukosa, dan serat selulosa ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Berdasarkan *road map* yang dikembangkan oleh pemerintah, sumbangan *biofuel* pada tahun 2025 diharapkan mencapai lebih dari 5%. Salah satu jenis *biofuel* yang sangat potensial dikembangkan adalah bioetanol.

2.2 Potensi Pengembangan Industri Bioethanol Berbahan Baku Bagas

Pengembangan bioenergi seperti bioetanol dari biomassa sebagai sumber bahan baku yang dapat diperbarui merupakan satu alternatif yang memiliki nilai positif dari aspek sosial dan lingkungan. Selama ini sumber bioetanol yang banyak digunakan molase (limbah cair pabrik gula). Namun tingkat kebutuhan akan mendapatkan molase perlu bersaing dengan industri lain cukup tinggi, molase sering dijadikan bahan inputan untuk industri penyedap rasa, kosmetik, dll. Sehingga tidak mudah untuk mendapatkannya. Potensi sumber bioetanol lainnya yang tidak kalah menarik adalah bagas, yaitu residu padat industri gula tebu. Industri berbahan baku bagas ini cukup menarik untuk dikembangkan, karena selain ramah lingkungan juga memiliki sisi ekonomis yang relatif tinggi. Berikut ini adalah penjelasan mengenai bahan baku, jenis teknologi yang digunakan dan sisi ekonomis dari pengembangan industri bioetanol berbahan baku bagas tersebut⁵. Satu diantara energi alternatif yang relatif murah ditinjau aspek produksinya dan relatif ramah lingkungan adalah pengembangan bioetanol dari limbah-limbah pertanian (biomassa) yang mengandung banyak lignocellulose seperti bagas (limbah padat industri gula) atau tandan kosong kelapa sawit. Indonesia memiliki potensi limbah biomassa yang sangat melimpah seperti bagas. Industri gula khususnya di luar Jawa menghasilkan bagas yang cukup melimpah, seperti di PT. Gunung Madu Plantations, PT. Gula putih Mataran dan PT. Indo Lampung di Propinsi Lampung. Selain itu keuntungan lain dari pemanfaatan bioetanol adalah dapat digunakan mensubstitusi langsung atau bahan campuran premium.

⁵B. Prasetya², dan M. Nasikin¹. 2007. *Pemanfaatan sellulosa bagas untuk produksi ethanol Melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan Enzim xylanase*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Substitusi premium dengan etanol sebagai bahan bakar transportasi secara tidak langsung akan mengurangi emisi karbon dioksida. Hal ini dimungkinkan karena dengan meningkatnya produksi bioetanol akan mendorong penanaman tanaman sehingga emisi karbondioksida yang dihasilkan akan terfiksasi melalui proses fotosintesis dari tanaman penghasil biomas. Sedangkan untuk teknologi proses produksi etanol dalam proses hidrolisis biasanya dilakukan dengan metode konvensional yaitu dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) atau asam klorida (HCl). Tetapi metode ini kurang ramah lingkungan karena penggunaan asam dalam proses tersebut disamping relatif mahal asam juga bersifat korosif.

o **Bahan Baku**

Bagas merupakan residu padat pada proses pengolahan tebu menjadi gula, yang sejauh ini masih belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai tambah (added value). Bagas yang termasuk biomassa mengandung lignocellulose sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif bioetanol atau biogas. Pemanfaatan bagas menjadi etanol merupakan suatu skenario yang mengaju pada kebijakan pemerintah yang telah menetapkan salah fokus penelitian dan penerapan Iptek (litbangrap Iptek) sampai tahun 2025 adalah penciptaan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan.⁵

o **Teknologi**

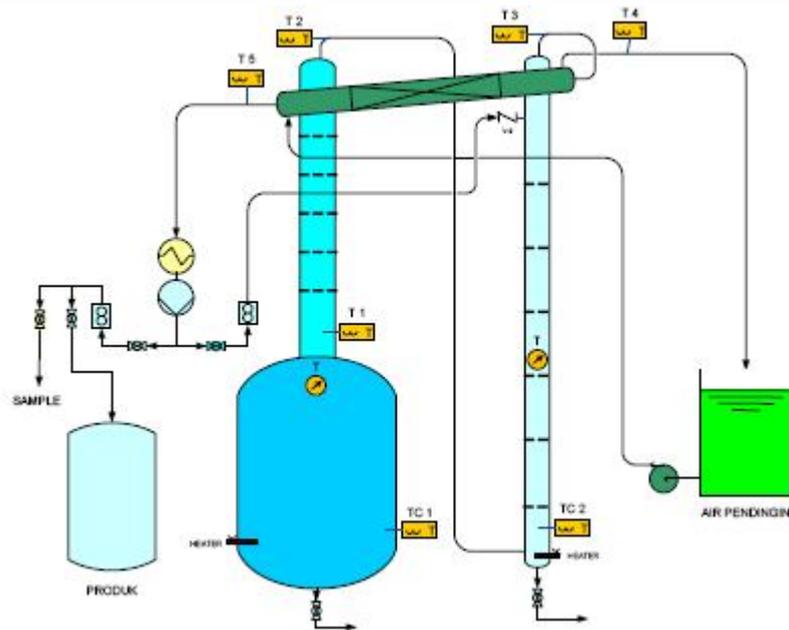
Pemrosesan bagas menjadi bioetanol dapat dilakukan dengan proses kimiawi yaitu dengan menggunakan asam kuat pada proses hidrolisisnya. Proses hidrolisis yang lebih ramah lingkungan adalah dengan menggunakan enzim, biasa disebut bioproses. Umumnya enzim yang digunakan adalah enzim selulase yang mampu menghidrolisis selulosa menjadi glukosa pada hidrolisis sempurna. Kemudian proses dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan *S. cerevisiae* untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol. Namun demikian dalam proses hidrolisis tersebut sebagian selulosa dapat terhidrolisis secara parsial menjadi selubiosa yang merupakan bentuk disakarida (Himmel, *et al.*, 1996). Fenomena yang lain jika kita hanya mengandalkan enzim selulase saja maka yang dapat

terkonversi menjadi monosakarida hanya selulosa. Padahal sekitar 20-25% komposisi karbohidrat bagas adalah hemiselulosa yang masih mungkin terhidrolisis menjadi monosakarida. Untuk meningkatkan konversi bagas menjadi ethanol dilakukan dengan memanfaatkan enzim selulase dan xylanase secara simultan dalam proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS).

Bagas sebagai bahan baku dapat dikonversi menjadi etanol dengan proses SSF menggunakan enzim cellulase dan xylanase. Kombinasi kedua enzim tersebut juga dapat meningkatkan etanol yang dihasilkan. *Pre treatment* menggunakan jamur pelapuk putih dan asam konsentrasi rendah juga dapat meningkatkan etanol yang dihasilkan. Konversi bagas menjadi etanol dengan enzim cellulase diperoleh hasil tertinggi pada $Ph = 5$ yaitu sebesar 5,62 g/L atau sebesar 11,02% dari total sampel bagas yang digunakan atau sekitar 39% dari hasil teoritis (*theoretical yield*). Secara teori konversi etanol dari lignocelulosic materil maksimum sebesar 28% (berbasis bagas murni). Kombinasi kedua enzim tersebut dengan penambahan perlakuan jamur pelapuk putih akan menghasilkan konversi etanol tertinggi menggunakan jamur *L. Edades* sebesar 7,76 g/L atau sebesar 15,52% dari bagas murni.⁵

SSF pertama kali dikenalkan oleh Takagi *et al*, 1977, yaitu kombinasi antara hidrolisis menggunakan enzim selulase dan yeast *S. cerevisiae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan. Proses SSF sebenarnya hampir sama dengan dengan proses yang terpisah antara hidrolisis dengan enzim dan proses fermentasi, hanya dalam proses SSF hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu reaktor. Secara singkat reaksi yang terjadi melalui proses *Simultaneous Sacharificatian dan Fermentation* (SSF) dapat dilihat pada gambar 2.1.

⁵B. Prasetya², dan M. Nasikin¹. 2007. *Pemanfaatan sellulosa bagas untuk produksi ethanol Melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan Enzim xylanase*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.



Gambar 2.1 Struktur Aliran Proses Teknologi Ssf (*Simultaneous Saccharification And Fermentation*)

Bahan baku berupa bagas yang sudah siap diolah, akan dimasukkan ke dalam tanki reaktor untuk dilakukan sterilisasi, dan kemudian dilakukan proses sistem sarafikasi dan fermentasi serentak atau SSF (*Simultaneous Saccharification And Fermentation*). Hasil dari sarafikasi dan fermentasi serentak atau SSF (*Simultaneous Saccharification And Fermentation*) tersebut akan dilanjutkan dengan proses destilasi untuk mendapatkan kandung ethanol dari proses sebelumnya.

o Nilai Ekonomis

Untuk memecah lignin yang terkandung dalam bagas, diperlukan proses *pre treatment*. Yaitu proses pelapukan menggunakan bagas sebagai media tumbuh jamur. Jenis jamur yang digunakan adalah jamur pelapuk putih atau sering disebut dengan jamur tiram. Gambar 2.2 memeplihatkan proses pelapukan bagas oleh jamur.



Gambar 2.2 Proses Pelapukan menggunakan Jamur Tiram

Setelah proses pelapukan selesai, maka bagas akan melalui proses selanjutnya yaitu di lakukan *treatment* sterilisasi dan fermentasi.

Selama proses pelapukan tersebut, jamur dapat tumbuh di media bagas, dan proses panen jamur dapat dilakukan. Sehingga terdapat sisi ekonomis lain dari penggunaan bagas sebagai bahan baku industri bioetanol, yaitu menghasilkan produk lain berupa jamur. Mengingat harga jual jamur yang cukup tinggi, maka proses *pre treatment* ini akan sangat menguntungkan bagi petani jamur.

2.3 Analisis Input Output

Alat analisis Input Output pertama kali dikembangkan oleh Wassily Leontief (1930-an). Idenya sangat sederhana namun mampu menjadi salah satu alat analisis yang ampuh dalam melihat hubungan antarsektor dalam suatu perekonomian. Hubungan antar sektor ini menjadi penting dipertengahan abad ini, sejak analisis pembangunan ekonomi tidak lagi hanya mementingkan pertumbuhan ekonomi semata, tetapi juga mulai melihat pembagian pertumbuhan diantara faktor-faktor produksi, sumber-sumber pertumbuhan itu sendiri. Hubungan antar sektor yang terjadi tidak hanya dalam lingkup ekonomi nasional, tetapi juga pada lingkup ekonomi regional dalam suatu negara.⁶

⁶Nazara, Suhasil, 2005. *Analisis Input Output, edisi ke dua*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

2.3.1 Kerangka Dasar Model Input-Output

Hubungan antara susunan input dan distribusi output merupakan teori dasar yang melandasi model I-O. Secara sederhana, model I-O menyajikan informasi tentang transaksi barang dan jasa serta saling keterkaitan antar-satuan kegiatan ekonomi untuk suatu waktu tertentu yang disajikan dalam bentuk tabel. Isian sepanjang baris menunjukkan alokasi output dan isian menurut kolom menunjukkan pemakaian input dalam proses produksi .

Tabel I-O pertama kali diperkenalkan oleh W. Leontief pada tahun 1930-an. Tabel I-O adalah suatu tabel yang menyajikan informasi tentang transaksi barang dan jasa yang terjadi antar sektor produksi di dalam suatu ekonomi dengan bentuk penyajian berupa matriks.

Angka-angka di dalam Tabel I-O menunjukkan hubungan dagang antar sektor yang berada dalam perekonomian suatu wilayah. Setiap baris menunjukkan secara rinci jumlah penjualan dari sebuah sektor, yang tertera pada kolom penjual, ke berbagai sektor, yang tertulis di bawah label pembeli. Karena sebuah sektor tidak menjual barangnya kepada semua sektor yang ada, maka umum dijumpai angka nol dalam sebuah baris di dalam Tabel I-O. Adapun kolom dalam Tabel I-O mencatat berbagai pembelian yang dilakukan sebuah sektor terhadap barang dan jasa yang dihasilkan oleh berbagai sektor yang ada di dalam wilayah tersebut. Jika angka-angka yang berada pada kolom suatu sektor juga banyak dijumpai angka nol, hal ini karena sebuah sektor tidak selalu membeli barang dan jasa dari seluruh sektor yang ada di perekonomian negara tersebut.

Selain transaksi antar sektor, ada lagi beberapa transaksi yang dicatat dalam sebuah Tabel I-O. Perusahaan-perusahaan di dalam suatu sektor menjual hasil produknya ke konsumen (rumah-tangga), pemerintah, dan perusahaan di luar negeri, ditambah lagi sebagian hasil produksi juga dijadikan bagian dari investasi oleh sektor lainnya. Penjualan-penjualan yang baru saja disebutkan ini dapat dikelompokkan ke dalam satu neraca yang disebut “konsumsi akhir.” Dalam hal pembelian, selain barang dan jasa dari berbagai sektor, perusahaan juga membutuhkan jasa tenaga kerja dan memberikan kompensasi pada pemilik modal atau kapital. Pembayaran jasa kepada tenaga kerja dan pemilik modal disebut

pembayaran untuk “nilai tambah.” Secara sederhana simplifikasi dari Tabel I-O dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 2.1. Simplikasi Tabel Input-Output

Sektor Penjual	Sektor Pembeli				Konsumsi Akhir	Total Produksi
	1	2	...	N		
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	f_1	X_1
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	f_2	X_2
.
.
.
n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	f_n	X_n
Total Input	X_1	X_2	...	X_n		

Dari Tabel I-O pada Tabel 1 dapat dibuat dua persamaan neraca yang berimbang:

$$\text{Baris: } \sum_{j=1}^n x_{ij} + f_i = X_i \quad \forall i = 1, \dots, n \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Kolom: } \sum_{i=1}^n x_{ij} + v_j + m_j = X_j \quad \forall j = 1, \dots, n \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana x_{ij} merupakan nilai aliran barang atau jasa dari sektor i ke sektor j ; f_i adalah total konsumsi akhir; v_j adalah nilai tambah dan m_j adalah impor. Definisi neraca yang berimbang adalah jumlah produksi (keluaran) sama dengan jumlah masukan. Aliran antar industri dapat ditransformasi menjadi koefisien-koefisien dengan mengasumsikan bahwa jumlah berbagai pembelian adalah tetap untuk sebuah tingkat total keluaran (dengan kata lain, tidak ada *economies of scale*) dan tidak ada kemungkinan substitusi antara sebuah bahan baku masukan dan bahan baku masukan lainnya (dengan kata lain, bahan baku masukan dibeli dalam proporsi yang tetap). Koefisien-koefisien ini adalah:

$$a_{ij} = x_{ij} / X_j \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

atau

$$x_{ij} = a_{ij} X_j \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan menggabungkan kedua persamaan di atas didapat:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + f_i = X_i \quad \forall i = 1, \dots, n \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Dalam notasi matriks persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$AX + f = X \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana $a_{ij} \in A_{n \times n}$; $f_i \in f_{n \times 1}$; dan $X_i \in X_{n \times 1}$

Dengan memanipulasi persamaan di atas didapat hubungan dasar dari Tabel I-O adalah :

$$(I - A)^{-1} f = X \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana $(I - A)^{-1}$ dinamakan sebagai matriks kebalikan Leontief (matriks multiplier masukan). Matriks ini mengandung informasi penting tentang bagaimana kenaikan produksi dari suatu sektor (industri) akan menyebabkan berkembangnya sektor-sektor lainnya. Karena setiap sektor memiliki pola (pembelian dan penjualan dengan sektor lain) yang berbeda-beda, maka dampak dari perubahan produksi suatu sektor terhadap total produksi sektor-sektor lainnya berbeda-beda. Matriks kebalikan Leontief merangkum seluruh dampak dari perubahan produksi suatu sektor terhadap total produksi sektor-sektor lainnya ke dalam koefisien-koefisien yang disebut sebagai *multiplier* (α_{ij}). Multiplier ini adalah angka-angka yang terlihat di dalam matriks $(I - A)^{-1}$.

2.3.2 Analisis Angka Pengganda

Analisis keterkaitan antar sektor yang telah dibahas hanya menunjukkan nilai indeks pemusatan dan indeks penyebaran dari koefisien-koefisien pada matriks koefisien langsung, matriks kebalikan terbuka dan matriks kebalikan tertutup. Teknik analisis tersebut tidak memperlihatkan rangkaian pengaruh suatu sektor terhadap sektor lainnya dalam suatu perekonomian. Oleh karenanya, analisis pengganda (ada yang menyebutnya sebagai analisis dampak berganda) perlu diperkenalkan karena analisis ini mampu menelusuri rentetan pengaruh suatu sektor, baik secara langsung, secara tidak langsung ataupun imbasan, terhadap sektor lainnya dan perekonomian secara keseluruhan. Analisis pengganda merupakan analisis yang paling populer dalam analisis I-O.

Pada dasarnya, pengganda merupakan ukuran respon terhadap rangsangan perubahan suatu perekonomian, yang dinyatakan dalam hubungan sebab-akibat. Pengganda pada model I-O diasumsikan sebagai respon meningkatnya permintaan akhir suatu sektor. West dan Jensen (1980) dan West dkk (1989) membedakan kategori pengganda menjadi: dampak awal (*initial impact*), dampak imbasan kegiatan produksi (*production induced impact*), yang terdiri atas: pengaruh langsung (*direct effect*) yang juga kadang-kadang disebut dengan pengaruh putaran pertama (*first-round effect*), dan pengaruh tidak langsung (*indirect effect*)

Tabel 2.2 Rumus Perhitungan Pengganda Menurut Jenis Pengganda dan Tipe Dampak

Tipe Dampak	Output
Dampak Awal	1
Pengaruh Langsung	$\sum a_{ij}$
Pengaruh Tdk Langsung	$\sum b_{ij} - 1 - \sum a_{ij}$
Dampak Imbasan Kons	$\sum (b^*_{ij} - b_{ij})$

Dimana, p_i koefisien pendapatan rumah tangga; a_{ij} adalah koefisien input langsung ; b_{ij} adalah koefisien matriks kebalikan terbuka ; dan b^*_{ij} adalah koefisien matriks kebalikan tertutup

- **Angka Penganda Output (*Output Multiplier*)**

Ide dasar dari pendekatan ini mirip dengan kerangka *multiplier Keynesian*. Jika misalnya ada perubahan pada variabel eksogen (dalam hal ini unsur dari permintaan akhir), maka dapat dilihat berapa besar pengaruh perubahan tersebut pada peningkatan output di seluruh sektor. Adapun proses dari penghitungan pengganda produksi ini dapat disimak pada penjelasan berikut.

Dengan menggunakan matriks koefisien input dari a_{ij} , sama seperti cara penghitungan matriks kebalikan Leontief sebelumnya, maka jika kita ingin mengetahui pengaruh dari perubahan permintaan akhir (sebagai contoh pengeluaran pemerintah pada sektor 1) dan jika elemen-elemen matriks tersebut diberi simbol α_{ij} , maka matriksnya menjadi:

$$\begin{array}{c|ccc|ccc|c}
 \Delta X_1 & & \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1k} & \dots & \alpha_{1n} & \Delta F_1 \\
 \Delta X_2 & & \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2k} & \dots & \alpha_{2n} & 0 \\
 : & = & : & : & & : & & : & : \\
 \Delta X_b & & \alpha_{b1} & \alpha_{b2} & \dots & \alpha_{bk} & \dots & \alpha_{bn} & 0 \\
 : & & : & : & & : & & : & : \\
 \Delta X_n & & \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nk} & \dots & \alpha_{nn} & 0
 \end{array}$$

Gambar 2.4. Kerangka Kebalikan Matriks Leontif

Koefisien α_{11} , α_{21} , sampai dengan α_{n1} pada rangkaian persamaan di atas menunjukkan pengaruh total, baik langsung maupun tidak langsung dari setiap unit perubahan F_1 terhadap hasil produksi di sektor X_1 , X_2 , sampai dengan X_n . Dengan demikian rumus dari pengganda output (produksi) total ini adalah

$$OM_k = \sum_{b=1}^n \alpha_{bk} \dots\dots\dots(2.7)$$

Penghitungan nilai pengganda output total di masing-masing sektor dihasilkan dengan menjumlahkan nilai-nilai pada setiap kolom matriks kebalikan Leontief. Hasil penjumlahan itulah yang akan menjadi nilai pengganda produksi di sektor tersebut. Di sini berarti bahwa semakin besar nilai pengganda yang dihasilkan oleh suatu sektor, maka dapat disimpulkan bahwa sektor tersebut

mempunyai keterkaitan yang sangat erat dengan sektor-sektor lainnya di dalam perekonomian. *Output multiplier* yang diperoleh dari matriks kebalikan Leontief I-O terbuka disebut pengganda output Tipe I, dan bila diperoleh dari matriks kebalikan Leontief I-O tertutup disebut dengan pengganda output Tipe II.

2.3.3 Keterkaitan Antar Sektor

Model I-O telah secara luas digunakan untuk meneliti keterkaitan antar sektor produksi dalam suatu perekonomian. Misalnya, Sritua Arief (1981) telah menggunakan model I-O untuk meneliti sektor-sektor kunci (*key sectors*) dalam ekonomi Indonesia. Alaudin (1986) telah mengidentifikasi sektor-sektor kunci dalam perekonomian Bangladesh dengan pendekatan keterkaitan antar sektor. Muchdie dan M.Handry Imansyah (1995) menerapkan analisis keterkaitan dalam analisis sektor-sektor unggulan pada perekonomian Indonesia.

Analisis indeks keterkaitan mulanya dikembangkan oleh Rasmussen (1956) dan Hirschman (1958) untuk melihat keterkaitan antar sektor, terutama untuk menentukan strategi kebijakan pembangunan. Konsep ini kemudian diperbaiki oleh Cella (1984) dan diterapkan oleh Clements dan Rossi (1991). Dikenal dua jenis keterkaitan, yaitu (1) keterkaitan ke belakang (*backward linkages*) yang merupakan keterkaitan dengan bahan mentah dan dihitung menurut kolom, dan (2) keterkaitan ke depan (*forward linkages*) yang merupakan keterkaitan penjualan barang jadi dan dihitung menurut baris.

- **Kaitan Ke Belakang**

Analisis keterkaitan ke belakang dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu (1) keterkaitan ke belakang langsung (*direct backward linkages*), (2) keterkaitan ke belakang langsung dan tidak langsung (*direct and indirect backward linkages*), (3) keterkaitan langsung, tidak langsung dan terimbas (*direct, indirect and induced backward linkages*), yang masing-masing dapat dibedakan menurut output, pendapatan dan kesempatan kerja ataupun parameter ekonomi lainnya seperti nilai tambah, pajak, keuntungan usaha dan impor.

Mengukur indeks keterkaitan saja dianggap tidak cukup karena belum mencerminkan keragaman pengaruh ganda antar sektor (Deman, 1991). Untuk itu, indeks penyebaran perlu dihitung guna mengetahui keragaman ketergantungan antar sektor. Indeks penyebaran yang tinggi pada sektor i berarti sektor i hanya tergantung pada satu atau beberapa sektor saja. Sedangkan bila indeks penyebaran sektor i rendah, ini menggambarkan bahwa sektor i tergantung secara merata terhadap seluruh sektor dalam perekonomian.

Setelah mendapatkan matriks koefisien teknologi, kemudian menentukan matriks $I-A$, dan kemudian mendapatkan matriks invers leontif, maka nilai keterkaitan ke belakang dapat langsung dihitung menurut kolom jumlah matriks invers leontif.

- **Kaitan Ke Depan**

Analisis keterkaitan ke depan dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu (1) keterkaitan ke depan langsung (*direct forward linkages*), (2) keterkaitan ke depan langsung dan tidak langsung (*direct and indirect forward linkages*), dan (3) keterkaitan langsung, tidak langsung dan terimbas (*direct, indirect and induced forward linkages*), yang masing-masing dapat dibedakan menurut output, pendapatan dan kesempatan kerja. Bedanya, jika keterkaitan ke belakang dihitung menurut kolom, analisis keterkaitan ke depan dihitung menurut baris.

Setelah mendapatkan matriks koefisien teknologi, kemudian menentukan matriks $I-A$, dan kemudian mendapatkan matriks invers leontif, maka nilai keterkaitan ke depan dapat langsung dihitung menurut baris jumlah matriks invers leontif.