

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Telaah Penelitian Terdahulu

Berdasarkan literatur yang ada dan beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi dalam penulisan, yang didalamnya terdapat penelitian yang membahas terkait usahatani pada komoditas tebu dengan berbagai macam metode penelitian yang digunakan dan pada lokasi yang berbeda. Isrofah (2014), dalam penelitiannya tentang analisis efisiensi teknis dan pendapatan usahatani tebu lahan kering di Desa Wonotirto, Kecamatan Wonotirto, Kabupaten Blitar. Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat efisiensi teknis dengan menggunakan analisis DEA, variabel input yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit, pupuk Za, pupuk Phonska dan tenaga kerja. Berdasarkan hasil analisis DEA yang sudah dilakukan efisiensi teknis pada usahatani tebu lahan kering menunjukkan belum mencapai tingkat *full-efisien*, karena dari 37 responden masih terdapat 62% petani yang tidak efisien, dan 38 petani yang sudah dinyatakan efisien. 22% petani beroperasi pada skala CRS (*constan return to scale*), 32% beroperasi pada IRS (*increasing return to scale*), dan sisanya 46% responden beroperasi pada kondisi DRS (*decreasing return to scale*).

Wijayanti (2008), dalam penelitiannya tentang analisis pendapatan dan efisiensi penggunaan faktor-faktor produksi pada usahatani tebu (studi kasus pada usahatani tebu kredit dan mandiri di Desa Banarsari, Kecamatan Ngantru, Kabupaten Tulungagung) menggunakan fungsi produksi *stochastic Frontier* menunjukkan bahwa tingkat efisiensi petani tebu mandiri lebih tinggi dibandingkan petani kredit. Selain itu diperoleh hasil rata-rata efisiensi teknis yang dicapai petani cukup tinggi, pada petani kredit sebesar 94,32% dan mandiri 95,2% dan terletak pada n efisiensi 0,901-1,0, sedangkan faktor yang paling berpengaruh terhadap usahatani tebu kredit dan mandiri adalah faktor penggunaan tenaga kerja yang memberikan pengaruh positif dan nyata pada kedua sistem usahatani di lokasi penelitian.

Debela (2013), dalam penelitiannya mengenai analisis efisiensi teknis produksi tebu. Variabel yang digunakan adalah luas lahan, traktor tenaga kerja, pupuk, bibit, irigasi, obat-obatan. Variasi dari estimasi inefisiensi teknis

disebabkan oleh beberapa hal seperti varietas tebu, pengalaman berusahatani, tingkat kesuburan lahan, sistem irigasi, nomor lahan, penyuluhan, umur, tipe tanah, lokasi, irigasi, dan sistem pengairan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai efisiensi teknis adalah 84% dimana nilai minimum adalah sebesar 49% dan nilai maksimum adalah sebesar 98%. Oleh karena itu dapat diketahui bahwa potensi peningkatan produksi yang dapat dilakukan petani sebesar 16%.

Saladin (2011), dalam penelitiannya mengenai analisis efisiensi teknis penggunaan faktor produksi pada usahatani tebu di Desa Gondanglegi Kulon, Kecamatan Gondanglegi, Kabupaten Malang. Metode yang digunakan adalah fungsi produksi *stochastic frontier* yang digunakan untuk mengetahui faktor produksi apa yang berpengaruh pada produksi frontier serta bagaimana tingkat efisiensi yang dicapai oleh petani. Adapun faktor produksi yang berpengaruh secara nyata dan signifikan serta memiliki nilai koefisien yang positif terhadap produksi frontier. Pupuk Za berpengaruh tidak nyata pada produksi tebu dikarenakan nilai t hitung yang lebih kecil dibandingkan dengan t tabel serta nilai koefisien yang negatif sehingga dapat dikatakan penambahan pupuk Za akan mengurangi tingkat produksi tebu, hal ini berbeda dengan dua variabel pupuk lain yaitu pupuk phonska dan pupuk urea yang memberikan pengaruh yang nyata dan signifikan pada produksi tebu. Faktor produksi yang terakhir yaitu tenaga kerja tidak berpengaruh nyata pada tingkat produksi tebu, pada pengamatan mengenai efisiensi didapat 1 petani dengan tingkat efisiensi dibawah 0,72, dan 2 petani yang berada pada tingkat efisiensi 0,72-0,82, serta 36 petani yang berada pada tingkat efisiensi 0,83-0,93, yang terakhir hanya ada 1 petani dengan tingkat efisiensi lebih dari 0,93. Hasil tersebut membuktikan bahwa mayoritas petani telah memiliki tingkat efisiensi yang tinggi karena nilai efisiensinya mayoritas telah mendekati 1.

Anggraini (2011), melakukan penelitian tentang analisis kelayakan usahatani tebu pada pola agroforestri mindi-tebu studi kasus di Desa Pakis, Kecamatan Trowulan, Kabupaten Mojokerto, didapatkan hasil biaya rata-rata produksi usahatani tebu pada pola agroforestri mindi-tebu per hektar per tahun sebesar Rp. 5,703,433,67. Penerimaan usahatani tebu pada pola agroforestri mindi-tebu per hektar adalah Rp. 70,467,744,89. Keuntungan yang didapat dari usahatani tebu pada pola agroforestri mindi-tebu per hektar sebesar

Rp.35,001,988,91. Keuntungan akhir yang didapat dari usahatani pada pola agroforestri mindi-tebu sebesar Rp. 30,236,577,97. Kelayakan finansial usahatani tebu yang didapat dengan tingkat suku bunga 6,75% NPV yang didapat sebesar Rp. 23,603,782,68. Usahatani tebu dinilai layak untuk dikembangkan karena NPV > 0 atau NPV bernilai positif. IRR yang didapat 71,62% dan ini lebih dari suku bunga bank yang berlaku saat ini yaitu 6,75%, sehingga modal yang digunakan untuk investasi usahatani tebu pada pola agroforestri dinilai lebih menguntungkan daripada di depositokan di bank dan layak untuk diusahakan dan dikembangkan. Net BC ratio 2,87 atau lebih dari satu dapat dikatakan layak dan dapat dikembangkan. Hasil analisis *payback periode* yang didapatkan adalah dalam jangka 1 tahun 6 bulan investasi dapat dikembalikan. Analisis sensitivitas dengan bunga 6,78% dengan kenaikan biaya produksi sebesar 30% disertai penurunan produksi sebesar 25% masih layak untuk dikembangkan.

Siska (2010), dalam penelitiannya yang berjudul analisis efisiensi pendapatan dan efisiensi teknis pada usahatani tebu di Dusun Krajan, Desa Banjarjo, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Malang menyatakan bahwa faktor-faktor produksi yang digunakan adalah luasan lahan, tenaga kerja, pupuk phonska, pupuk urea, pupuk Za. Metode yang digunakan adalah menggunakan fungsi *stokastik frontier*. Faktor yang berpengaruh nyata pada tingkat fungsi produksi *frontier* usahatani tebu di daerah penelitian adalah luas lahan dan tenaga kerja. Pupuk phonska, pupuk Za, dan pupuk Urea tidak berpengaruh nyata terhadap produksi tebu. Tingkat efisiensi teknis penggunaan input yang dicapai sebagian besar petani (50%) pada usahatani tebu termasuk tinggi, yaitu $> 90\%$ dari produksi potensial, hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat 10% potensial yang dapat dicapai oleh petani. Nilai rata-rata efisiensi teknis yang dicapai oleh petani tebu Dusun Krajan, Desa Banjarjo, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Malang ini sebesar 94,36%.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang ada diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa dalam usahatani dengan komoditas tebu yang dibahas, baik di lahan sawah maupun lahan kering dan dengan menggunakan berbagai macam analisis serta dari lokasi penelitian yang berbeda-beda memiliki hasil yang berbeda-beda baik dalam tingkat efisiensi teknis maupun hasil pendapatannya. Penelitian ini

bertujuan untuk menganalisis tingkat efisiensi teknis dari faktor produksi komoditas tebu yang ada di Kabupaten Jombang dengan menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA), sehingga dapat diketahui apakah dalam usahatani tebu tersebut sudah dapat dikatakan efisien atau belum.

2.2 Tinjauan Tentang Tebu

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L) adalah satu anggota familia rumput-rumputan (*Graminae*) yang merupakan tanaman asli tropika basah, namun masih dapat tumbuh baik dan berkembang di daerah subtropis, pada berbagai jenis tanah dari dataran rendah hingga ketinggian 1.400 m diatas permukaan laut. Saat ini tanaman tebu telah banyak dimanfaatkan secara optimal menjadi produk yang memiliki nilai tambah yang tinggi. Pengembangan industri gula mempunyai peranan yang penting bukan hanya dalam mendorong pertumbuhan perekonomian di daerah serta penambahan atau penghematan devisa, namun juga langsung terkait dengan pemenuhan kebutuhan pokok rakyat dan penyediaan lapangan kerja di Indonesia (Lhestari, 2006).

2.2.1 Klasifikasi Tanaman Tebu

Tanaman tebu tergolong tanaman perdu dengan nama latin *Saccharum officinarum*. Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan. Sistematika tanaman tebu adalah:

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Graminales
Famili	: Graminae
Genus	: Saccharum
Species	: <i>Saccarum officinarum</i>

2.2.2 Morfologi dan Biologi Tanaman Tebu

Ketepatan dalam kegiatan budidaya tanaman tebu berpengaruh terhadap produksi tebu yang dihasilkan. Berikut penjelasan mengenai morfologi dan biologi tanaman tebu menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, (2010)

a) Batang

Batang tanaman tebu berdiri lurus dan beruas-ruas yang dibatasi dengan buku-buku. Pada setiap buku terdapat mata tunas. Batang tanaman tebu berasal dari mata tunas yang berada dibawah tanah yang tumbuh keluar dan berkembang membentuk rumpun. Diameter batang antara 3-5 cm dengan tinggi batang antara 2-5 m dan tidak bercabang.

b) Akar

Akar tanaman tebu termasuk akar serabut tidak panjang yang tumbuh dari cincin tunas anakan. Pada fase pertumbuhan batang, terbentuk pula akar dibagian yang lebih atas akibat pemberian tanah sebagai tempat tumbuh.

c) Daun

Daun tebu berbentuk busur panah seperti pita, berseling kanan dan kiri, berpelelah seperti daun jagung dan tak bertangkai. Tulang daun sejajar, ditengah berlekuk. Tepi daun kadang-kadang bergelombang serta berbulu keras.

d) Bunga

Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50- 80 cm. Cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3-4 mm. Terdapat pula benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji.

e) Buah

Buah tebu seperti padi, memiliki satu biji dengan besar lembaga 1/3 panjang biji. Biji tebu dapat ditanam di kebun percobaan untuk mendapatkan jenis baru hasil persilangan yang lebih unggul.

2.2.3 Syarat Tumbuh

Tanaman tebu tumbuh didaerah tropika dan sub tropika sampai batas garis isotherm 20 °C yaitu antara 19° LU – 35° LS. Kondisi tanah yang baik bagi tanaman tebu adalah yang tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah, selain itu akar tanaman tebu sangat sensitif terhadap kekurangan udara dalam tanah sehingga pengairan dan drainase harus sangat diperhatikan. Drainase yang baik dengan kedalaman sekitar 1 m memberikan peluang akar tanaman menyerap air dan unsur hara pada lapisan yang lebih dalam sehingga pertumbuhan tanaman pada musim kemarau tidak terganggu. Drainase yang baik dan dalam juga dapat

manyalurkan kelebihan air dimusim penghujan sehingga tidak terjadi genangan air yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman karena berkurangnya oksigen dalam tanah.

Dilihat dari jenis tanah, tanaman tebu dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah seperti tanah alluvial, grumosol, latosol dan regusol dengan ketinggian antara 0 – 1400 m di atas permukaan laut. Akan tetapi lahan yang paling sesuai adalah kurang dari 500 m di atas permukaan laut. Sedangkan pada ketinggian > 1200 m di atas permukaan laut pertumbuhan tanaman relative lambat. Kemiringan lahan sebaiknya kurang dari 8%, meskipun pada kemiringan sampai 10% dapat juga digunakan untuk areal yang dilokalisir. Kondisi lahan terbaik untuk tebu adalah berlereng panjang, rata dan melandai sampai 2% apabila tanahnya ringan dan sampai 5 % apabila tanahnya lebih berat.

1. Tanah

a) Sifat fisik tanah

Struktur tanah yang baik untuk pertanaman tebu adalah tanah yang gembur sehingga aerasi udara dan perakaran berkembang sempurna, oleh karena itu upaya pemecahan bongkahan tanah atau agregat tanah menjadi partikel-partikel kecil akan memudahkan akar menerobos. Sedangkan tekstur tanah, yaitu perbandingan partikel-partikel tanah berupa lempung, debu dan liat, yang ideal bagi pertumbuhan tanaman tebu adalah tekstur tanah ringan sampai agak berat dengan kemampuan menahan air cukup dan porositas 30 %.

Tanaman tebu menghendaki solum tanah minimal 50 cm dengan tidak ada lapisan kedap air dan permukaan air 40 cm. Sehingga pada lahan kering, apabila lapisan tanah atasnya tipis maka pengolahan tanah harus dalam. Demikian pula apabila ditemukan lapisan kedap air, lapisan ini harus dipecah agar sistem aerasi, air tanah dan perakaran tanaman berkembang dengan baik.

b) Sifat kimia tanah

Tanaman tebu dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki pH 6 - 7,5, akan tetapi masih toleran pada pH tidak lebih tinggi dari 8,5 atau tidak lebih rendah dari 4,5. Pada pH yang tinggi ketersediaan unsur hara menjadi terbatas. Sedangkan pada pH kurang dari 5 akan menyebabkan keracunan Fe dan Al pada

tanaman, oleh karena itu perlu dilakukan pemberian kapur (CaCO_3) agar unsur Fe dan Al dapat dikurangi.

Bahan racun utama lainnya dalam tanah adalah klor (Cl), kadar Cl dalam tanah sekitar 0,06 – 0,1 % telah bersifat racun bagi akar tanaman. Pada tanah ditepi pantai karena rembesan air laut, kadar Cl nya cukup tinggi sehingga bersifat racun.

2. Iklim

a) Curah hujan

Tanaman tebu dapat tumbuh dengan baik didaerah dengan curah hujan berkisar antara 1.000 – 1.300 mm per tahun dengan sekurang-kurangnya 3 bulan kering. Distribusi curah hujan yang ideal untuk pertanaman tebu adalah: pada periode pertumbuhan vegetatif diperlukan curah hujan yang tinggi (200 mm per bulan) selama 5-6 bulan. Periode selanjutnya selama 2 bulan dengan curah hujan 125 mm dan 4-5 bulan dengan curah hujan kurang dari 75 mm/bulan yang merupakan periode kering. Periode ini merupakan periode pertumbuhan generative dan pemasakan tebu.

Ditinjau dari kondisi iklim yang diperlukan, maka wilayah yang dapat ideal diusahakan untuk tebu lahan kering/tegalan berdasarkan Oldemen dan Syarifudin adalah tipe B2, C2, D2 dan E2. Sedangkan untuk tipe iklim B1, C1, D1, dan E1 dengan 2 bulan musim kering, dapat diusahakan untuk tebu dengan syarat tanahnya ringan dan berdrainase bagus. Untuk tipe iklim D3, E3 dan D4 dengan 4 bulan kering, dapat pula diusahakan dengan syarat adanya ketersediaan air irigasi.

b) Suhu

Pengaruh suhu pada pertumbuhan dan pembentukan sukrosa pada tebu cukup tinggi. Suhu ideal bagi tanaman tebu berkisar antara 24 °C–34 °C dengan perbedaan suhu antara siang dan malam tidak lebih dari 10 °C. Pembentukan sukrosa terjadi pada siang hari dan akan berjalan lebih optimal pada suhu 30 °C. Sukrosa yang terbentuk akan ditimbun atau disimpan pada batang dimulai dari ruas paling bawah pada malam hari. Proses penyimpanan sukrosa ini paling efektif dan optimal pada suhu 15 °C.

c) Sinar Matahari

Tanaman tebu membutuhkan penyinaran 12-14 jam setiap harinya. Proses asimilasi akan terjadi secara optimal, apabila daun tanaman memperoleh radiasi penyinaran matahari secara penuh sehingga cuaca yang berawan pada siang hari akan mempengaruhi intensitas penyinaran dan berakibat pada menurunnya proses fotosintesa sehingga pertumbuhan terhambat.

d) Angin

Kecepatan angin sangat berperan dalam mengatur keseimbangan kelembaban udara dan kadar CO₂ disekitar tajuk yang mempengaruhi proses fotosintesa. Angin dengan kecepatan kurang dari 10 km/jam disiang hari berdampak positif bagi pertumbuhan tebu, sedangkan angin dengan kecepatan melebihi 10 km/jam akan mengganggu pertumbuhan tanaman tebu bahkan tanaman tebu dapat patah dan roboh.

2.2.4 Bahan Tanam

Pemilihan varietas harus memperhatikan sifat-sifat varietas unggul yaitu, memiliki potensi produksi gula yang tinggi melalui bobot tebu dan rendemen yang tinggi, memiliki produktivitas yang stabil memiliki ketahanan yang tinggi untuk keprasan dan kekeringan, serta tahan terhadap hama dan penyakit.

Varietas tebu berdasarkan masa kemasakannya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Varietas Genjah (masak awal), mencapai masak optimal + 8-10 bulan.
2. Varietas Sedang (masak tengahan), mencapai masak optimal pada umur + 10-12 bulan.
3. Varietas Dalam (masak lambat), mencapai masak optimal pada umur lebih dari 12 bulan.

Beberapa varietas unggul yang telah dilepas oleh Menteri Pertanian dapat dilihat pada Tabel 2.

Mengingat masa panen tebu dilakukan pada saat yang relatif serempak, akan tetapi ditanam pada waktu yang lebih panjang karena bergiliran, maka perlu diatur komposisi penanaman varietas dengan umur masak yang berbeda, yaitu masak awal, masak tengah dan masak lambat. Komposisi varietas dengan tingkat

kemasakan masak awal, masak tengah dan masak akhir yang dianjurkan berdasarkan luas tanam adalah 30:40:30.

Tabel 2. Varietas Unggul Tanaman Tebu

Varietas	Sifat Masak	Produksi				SK. Menteri Pertanian
		Lahan Sawah		Lahan Tegalan		
		Tebu (kw/ha)	Randemen (%)	Tebu (kw/ha)	Randemen (%)	
PS 865	Awal-Tengah			804 ± 112	9,38 ± 1,41	342/Kpts/SR.120/3/2008
Kdg Kencana	Tengah - Lambat	1.125 ± 325	10,99 ± 1,65	992 ± 238	9,51 ± 0,88	334/Kpts/SR.120/3/2008
PS 864	Tengah - Lambat	1.221 ± 228	8,34 ± 0,60	888 ± 230	9,19 ± 0,64	56/Kptrs/SR.120/1/2004
PS 891	Tengah - Lambat	1.106 ± 271	9,33 ± 1,19	844 ± 329	10,19 ± 1,35	55/Kptrs/SR.120/1/2004
PSBM 901	Awal-Tengah			704 ± 162	9,93 ± 1,02	54/Kptrs/SR.120/1/2004
PS 921	Tengah	1.391 ± 101	8,53 ± 1,19			53/Kptrs/SR.120/1/2004
PS 951	Lambat	1.461 ± 304	9,87 ± 0,86			52/Kptrs/SR.120/1/2004

Sumber: (Budidaya dan Pasca Panen Tebu, 2010)

2.2.5 Penyiapan Lahan

Areal pertanaman tebu dibagi per rayon dengan luas antara 2.500-3.000 ha per rayon. Setiap rayon dibagi per blok yang terdiri dari 10 petak, dengan tiap petak berukuran sekitar 200 m x 400 m (8 ha). Antar blok dibuat jalan kebun dengan lebar 12 m dan antar petak dibuat jalan produksi dengan lebar 8 m. Kegiatan penyiapan lahan terdiri dari pembajakan pertama, pembajakan kedua, penggaruan dan pembuatan kairan. Pembajakan pertama bertujuan untuk membalik tanah serta memotong sisa-sisa kayu dan vegetasi lain yang masih tertinggal. Peralatan yang digunakan adalah Rome Harrow 20 disc berdiameter 31 inci dan Bulldozer 155 HP untuk menarik. Pembajakan dimulai dari sisi petak paling kiri, kedalaman olah sekitar 25-30 cm dengan arah bajakan menyilang

barisan tanaman tebu sekitar 45°, kegiatan ini rata-rata membutuhkan waktu sekitar 6-7 jam untuk satu petak (8 ha).

Pembajakan kedua dilaksanakan tiga minggu setelah pembajakan pertama. Arah bajakan memotong tegak lurus hasil pembajakan pertama dengan kedalaman olah 25 cm. Peralatan yang digunakan adalah disc plow 3-4 disc berdiameter 28 inci dengan traktor 80-90 HP untuk menarik. Penggaruan bertujuan untuk menghancurkan bongkahan-bongkahan tanah dan meratakan permukaan tanah. Penggaruan dilakukan menyilang dengan arah bajakan, peralatan yang digunakan adalah Baldan Harrow dan traktor 140 HP untuk menarik. Kegiatan ini rata-rata membutuhkan waktu sekitar 9-10 jam untuk satu petak (8 ha). Pembuatan kairan adalah pembuatan lubang untuk bibit yang akan ditanam. Kairan dibuat memanjang dengan jarak dari pusat ke pusat (PKP) 1,35-1,5 m, kedalaman 30-40 cm dan arah operasi membuat kemiringan maksimal 2%. Kegiatan ini rata-rata membutuhkan waktu sekitar 8 jam untuk satu petak (8 ha).

2.2.6 Penanaman

Kebutuhan bibit tebu per ha antara 60-80 kwintal atau sekitar 10 mata tumbuh per meter kairan. Sebelum ditanam bibit perlu diberi perlakuan sebagai berikut:

- 1) Seleksi bibit untuk memisahkan bibit dari jenis-jenis yang tidak dikehendaki
- 2) Sortasi bibit untuk memilih bibit yang sehat dan benar-benar akan tumbuh serta memisahkan bibit bagal yang berasal dari bagian atas, tengah dan bawah.
- 3) Pemotongan bibit harus menggunakan pisau yang tajam dan setiap 3-4 kali pemotongan pisau dicelupkan kedalam lisol dengan kepekatan 20%
- 4) Memberi perlakuan air panas (*hot water treatment*) pada bibit dengan merendam bibit dalam air panas (50°C) selama 7 jam kemudian merendam dalam air dingin selama 15 menit. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga bibit bebas dari hama dan penyakit.

Bibit yang telah siap tanam ditanam merata pada kairan, penanaman bibit dilakukan dengan menyusun bibit secara *over lapping* atau *double row* atau *end to end (nguntu walang)* dengan posisi mata disamping. Hal ini dimaksudkan agar bila salah satu tunas mati maka tunas disebelahnya dapat menggantikan. Bibit

yang telah ditanam kemudian ditutup dengan tanah setebal bibit itu sendiri, akan tetapi bila pada saat tanam curah hujan terlalu tinggi, maka bibit ditanam sebaiknya ditanam dengan cara *baya ngambang* atau bibit sedikit terlihat.

Tanaman tebu *ratoon*, penggarapan tebu keprasan berbeda dengan tebu pertama. Pengeprasan tebu dimaksudkan untuk menumbuhkan kembali bekas tebu yang telah ditebang. Kebun yang akan dikepras harus dibersihkan dahulu dari kotoran-kotoran bekas tebang yang lalu, setelah kebun selesai dibersihkan barulah pengeprasan dapat dimulai. Pelaksanaan pengeprasan haruslah dilakukan secara berkelompok dan perpetak. Pengeprasan jangan dilakukan secara terpencar-pencar karena akan mengakibatkan pertumbuhan tebu tidak merata sehingga penuaannya menjadi tidak merata dan menyulitkan pemilihan dan penebangan tanaman yang akan dipanen. Seminggu setelah dikepras, tanaman diberi pengairan dan dilakukan penggarapan (jugaran) sebagai bumbun pertama dan pembersihan rumput-rumputan. Tujuan penggarapan ini adalah memperbaharui akar tua dan akar putus diganti akar muda, sehingga mempercepat pertumbuhan tunas dan anakan. Selain itu tanah menjadi longgar sehingga pupuk akan dengan mudah masuk kedalam tanah.

2.2.7 Penyulaman

Penyulaman dilakukan untuk mengganti bibit tebu yang tidak tumbuh, baik pada tanaman baru maupun tanaman keprasan, sehingga nantinya diperoleh populasi tanaman tebu yang optimal. Untuk bibit bagal penyulaman dilakukan 2 minggu dan 4 minggu setelah tanam. Penyulaman dilaksanakan pada baris bagal 2-3 mata sebanyak dua potong dan diletakkan pada baris tanaman yang telah dilubangi sebelumnya. Apabila penyulaman tersebut gagal, penyulaman ulang harus segera dilaksanakan.

2.2.8 Pemupukan

Dosis pupuk yang digunakan haruslah disesuaikan dengan keadaan lahan, untuk itu perlu dilakukan analisa tanah dan daun secara bertahap. Secara garis besar dosis pupuk untuk tanaman baru maupun keprasan, pada beberapa tipe tanah. Pemupukan dilakukan dengan dua kali aplikasi, pada tanaman baru, pemupukan pertama dilakukan saat tanam dengan 1/3 dosis urea, satu dosis SP-36 dan 1/3dosis KCl. Pemupukan kedua diberikan 1-1,5 bulan setelah pemupukan

pertama dengan sisa dosis yang ada, pada tanaman keprasan, pemupukan pertama dilakukan 2 minggu setelah kepras dengan 1/3 dosis urea, satu dosis SP-36 dan 1/3 dosis KCl. Pemupukan kedua diberikan 6 minggu setelah keprasan dengan sisa dosis yang ada.

2.2.9 Pengendalian Hama dan Penyakit

Pengendalian hama dan penyakit dapat mencegah meluasnya serangan hama dan penyakit pada areal pertanaman tebu. Pencegahan meluasnya hama dan penyakit dapat meningkatkan produktivitas. Beberapa hama dan penyakit utama tanaman tebu adalah:

1. Penggerek Pucuk (*Triporyza vinella* F)

Penggerek pucuk menyerang tanaman tebu umur 2 minggu sampai umur tebang. Gejala serangan ini berupa lubang-lubang melintang pada helai daun yang sudah mengembang. Serangan penggerek pucuk pada tanaman yang belum beruas dapat menyebabkan kematian, sedangkan serangan pada tanaman yang beruas akan menyebabkan tumbuhnya siwilan sehingga rendemen menurun. Pengendalian hama ini dapat dilakukan dengan memakai insektisida Carbofuran atau Petrofur yang terserap jaringan tanaman tebu dan bersifat sistemik dengan dosis 25 kg/ha ditebarkan ditanah.

2. Uret (*Lepidieta stigma* F)

Hama uret berupa larva kumbang terutama dari familia Melolonthidae dan Rutelidae yang bentuk tubuhnya mem-bengkok menyerupai huruf U. Uret menyerang perakaran dengan memakan akar sehingga tanaman tebu menunjukkan gejala seperti kekeringan. Jenis uret yang menyerang tebu di Indonesia antara lain *Leucopholis rorida*, *Psilophis* sp. dan *Pachnessa nicobarica*. Pengendalian dilakukan secara mekanis atau khemis dengan menangkap kumbang pada sore/malam hari dengan perangkap lampu biasanya dilakukan pada bulan Oktober-Desember. Disamping itu dapat pula dengan melakukan pengolahan tanah untuk membunuh larva uret atau menggunakan insektisida carbofuran 3G.

3. Penggerek Batang

Ada beberapa jenis penggerek batang yang menyerang tanaman tebu antara lain penggerek batang bergaris (*Proceras sacchariphagus* Boyer), penggerek batang berkilat (*Chilotraea auricilia* Dudg), penggerek batang abuabu

(*Eucosma schista-ceana* Sn), penggerek batang kuning (*Chilotraea infuscatella* Sn), dan penggerek batang jambon (*Sesamia inferens* Walk). Diantara hama penggerek batang tersebut penggerek batang bergaris merupakan penggerek batang yang paling penting yang hampir selalu ditemukan di semua kebun tebu.

Serangan penggerek batang pada tanaman tebu muda berumur 3-5 bulan atau kurang dapat menyebabkan kematian tanaman karena titik tumbuhnya mati. Sedang serangan pada tanaman tua menyebabkan kerusakan ruasruas batang dan pertumbuhan ruas diatasnya terganggu, sehingga batang menjadi pendek, berat batang turun dan rendemen gula menjadi turun pula. Tingkat serangan hama ini dapat mencapai 25%.

Pengendalian umumnya dilakukan dengan penyemprot-an insektisida antara lain dengan penyemprotan Pestona atau Natural BVR. Beberapa cara pengendalian lain yang dilakukan yaitu secara biologis dengan menggunakan parasitoid telur *Trichogramma sp.* dan lalat jatiroto (*Diatraeophaga striatalis*). Secara mekanis dengan rogesan. Kultur teknis dengan menggunakan varietas tahan yaitu PS 46, 56,57 dan M442-51. Atau secara terpadu dengan memadukan 2 atau lebih cara-cara pengendalian tersebut.

Berikut beberapa penyakit utama tanaman tebu, diantaranya:

1. Penyakit Mosaik

Disebabkan oleh virus dengan gejala serangan pada daun terdapat nodanoda atau garis-garis berwarna hijau muda, hijau tua, kuning atau klorosis yang sejajar dengan berkas-berkas pembuluh kayu. Gejala ini nampak jelas pada helaian daun muda. Penyebaran penyakit dibantu oleh serangga vektor yaitu kutu daun tanaman jagung, *Rhopalosiphum maidis*. Pengendalian dilakukan dengan menanam jenis tebu yang tahan, menghindari infeksi dengan menggunakan bibit sehat, dan pembersihan lingkungan kebun tebu.

2. Penyakit Busuk Akar

Disebabkan oleh cendawan *Pythium sp.* Penyakit ini banyak terjadi pada lahan yang drainasenya kurang sempurna. Akibat serangan maka akar tebu menjadi busuk sehingga tanaman menjadi mati dan tampak layu. Pengendalian penyakit dilakukan dengan menanam varietas tahan dan dengan memperbaiki drainase lahan.

3. Penyakit Blendok

Disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas albilineans* dengan gejala serangan timbulnya klorosis pada daun yang mengikuti alur pembuluh. Jalur klorosis ini lama-lama menjadi kering. Penyakit blendok terlihat kira-kira 6 minggu hingga 2 bulan setelah tanam. Jika daun terserang berat, seluruh daun bergaris-garis hijau dan putih. Penularan penyakit terjadi melalui bibit yang berpenyakit blendok atau melalui pisau pemotong bibit. Pengendalian dengan menanam varietas tahan penyakit, penggunaan bibit sehat dan serta mencegah penularan dengan menggunakan desinfektan larutan lysol 15% untuk pisau pemotong bibit.

4. Penyakit Pokkahbung

Disebabkan oleh cendawan *Gibberella moniliformis*. Gejala serangan berupa bintik-bintik klorosis pada daun terutama pangkal daun, seringkali disertai cacat bentuk sehingga daun-daun tidak dapat membuka sempurna, ruasruas bengkok dan sedikit gepeng. Akibat serangan pucuk tanaman tebu putus karena busuk. Pengendalian dapat dilakukan dengan penyemprotan dengan 2 sendok makan Natural GLIO+2 sendok makan gula pasir pada daun-daunan muda setiap minggu, pengembusan dengan tepung kapur tembaga (1;4:5) atau dengan menanam varietas tahan.

2.2.10 Panen

Pengaturan panen dimaksudkan agar tebu dapat dipungut secara efisien dan dapat diolah dalam keadaan optimum, melalui pengaturan panen, penyediaan tebu di pabrik akan dapat berkesinambungan dan dalam jumlah yang sesuai dengan kapasitas pabrik sehingga pengolahan menjadi efisien. Kegiatan panen termasuk dalam tanggung jawab petani, karena petani harus menyerahkan tebu hasil panennya ditimbangan pabrik. Pelaksanaan panen dilakukan pada bulan Mei sampai September dimana pada musim kering kondisi tebu dalam keadaan optimum dengan tingkat rendemen tertinggi. Penggiliran panen tebu mempertimbangkan tingkat kemasakan tebu dan kemudahan transportasi dari areal tebu ke pabrik.

Penebangan tebu untuk terbang angkut haruslah memenuhi standar kebersihan yaitu kotoran seperti daun tebu kering, tanah dan lainnya tidak boleh lebih besar dari 5%. Untuk tanaman tebu yang hendak dikepras, tebu di sisakan

didalam tanah sebatas permukaan tanah asli agar dapat tumbuh tunas. Bagian pucuk tanaman tebu dibuang karena bagian ini kaya dengan kandungan asam amino tetapi miskin kandungan gula. Tebu tunas juga dibuang karena kaya kandungan asam organis, gula reduksi dan asam amino akan tetapi miskin kandungan gula.

Penebangan tebu dapat dilakukan dengan sistem tebu hijau yaitu penebangan yang dilakukan tanpa ada perlakuan sebelumnya, atau dengan sistem tebu bakar yaitu penebangan tebu dengan dilakukan pembakaran sebelumnya untuk mengurangi sampah yang tidak perlu dan memudahkan penebangan. Sistem penebangan tebu yang dilakukan di Jawa biasanya memakai sistem tebu hijau, sementara di luar Jawa umumnya dengan sistem tebu bakar, terutama di Lampung.

Teknik penebangan tebu dapat dilakukan secara *bundled cane* (tebu ikat), *loose cane* (tebu urai) atau *chopped cane* (tebu cacah). Pada penebangan tebu dengan teknik *bundled cane* penebangan dan pemuatan tebu kedalam truk dilakukan secara manual yang dilakukan dari pukul 5 pagi hingga 10 malam. Truk yang digunakan biasanya truk dengan kapasitas angkut 6-8 ton atau 10-12 ton. Truk dimasukkan kedalam areal tanaman tebu. Lintasan truk tidak boleh memotong barisan tebu yang ada. Muatan tebu kemudian dibongkar di *Cane Yard* yaitu tempat penampungan tebu sebelum giling.

Penebangan tebu dengan teknik *loose cane*, penebangan tebu dilakukan secara manual sedangkan pemuatan tebu keatas truk dilakukan dengan memakai mesin *grab loader*. Penebangan tebu dengan teknik ini dilakukan per 12 baris yang dikerjakan oleh 2 orang. Tebu hasil tebangan diletakkan pada baris ke 6 atau 7, sedangkan sampah yang ada diletakkan pada baris ke 1 dan 12. Muatan tebu kemudian dibongkar di *Cane Yard* yaitu tempat penampungan tebu sebelum giling.

Penebangan tebu dengan teknik *chopped cane*, penebangan tebu dilakukan dengan memakai mesin pemanen tebu (*cane harvester*). Hasil penebangan tebu dengan teknik ini berupa potongan tebu dengan panjang 20-30 cm. Teknik ini dapat dilakukan pada lahan tebu yang bersih dari sisa tunggul, tidak banyak

gulma, tanah dalam keadaan kering, kondisi tebu tidak banyak roboh dan petak tebang dalam kondisi utuh sekitar 8 ha.

2.3 Tinjauan Tentang Efisiensi

Secara umum, efisiensi merupakan perbandingan antara keluaran (*output*) dengan masukan (*input*) atau jumlah keluaran yang dihasilkan dari suatu *input* yang dipergunakan. Farrel (1957) membagi efisiensi menjadi 2 komponen yaitu *technical efficiency* dan *price efficiency*. Efisiensi teknis (*technical efficiency*) mengukur keberhasilan perusahaan dalam memproduksi *output* dengan semaksimal mungkin menggunakan *input* tertentu, sedangkan *price efficiency* atau yang sering disebut juga dengan *allocative efficiency*, mengukur keberhasilan perusahaan dalam menentukan suatu bagian *input* secara optimal dengan tingkat harga yang telah ditentukan. Perusahaan dapat dikatakan efisien secara teknis jika dibandingkan dengan perusahaan lain apabila dalam memproduksi tingkat *output* yang sama dengan *input* yang lebih sedikit atau memproduksi *output* yang lebih banyak dengan *input* yang sama atau lebih sedikit (Al-Delaimi dan Al-Ani, 2006).

Menurut Ozcan (2008), dasar efisiensi adalah rasional atau perbandingan *output* terhadap *input*. Ada empat cara untuk meningkatkan efisiensi menurut Ozcan (2008) yakni dengan:

1. Meningkatkan *output*
2. Mengurangi *input*
3. Jika kedua *output* dan *input* ditingkatkan, maka tingkat kenaikan untuk *output* harus lebih besar daripada tingkat kenaikan *input*.
4. Jika kedua *output* dan *input* diturunkan, laju penurunan untuk *output* harus lebih rendah daripada tingkat penurunan untuk *input*.

Cara lain yang bisa digunakan untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi, selain keempat cara diatas adalah yang menerapkan teknologi manajemen yang dapat mengurangi *input* maupun meningkatkan kemampuan dalam menghasilkan lebih banyak *output*. Ada tiga konsep mengenai efisiensi yang dikemukakan oleh Rosenmayer (2014) terdiri dari

1. Efisiensi Teknis

Efisiensi teknis berkaitan dengan penggunaan tenaga kerja, modal, dan mesin sebagai *input* untuk menghasilkan *output* secara maksimal. Penerapan teknologi

yang sama pada semua unit diharapkan tidak akan ada *input* yang sia-sia dalam memproduksi kuantitas *output* tertentu.

2. Efisiensi Alokatif

Efisiensi alokatif berkaitan dengan meminimalkan biaya produksi dengan pilihan *input* yang tepat untuk menghasilkan suatu tingkat *output* tertentu dengan mempertimbangkan tingkat harga *input*, dengan asumsi bahwa perusahaan yang diuji sudah sepenuhnya efisien secara teknis. Perusahaan yang beroperasi pada praktek terbaik secara teknis sekalipun masih bisa dikatakan tidak efisien secara alokatif, ketika tidak menggunakan *input* dalam proporsi yang meminimalkan biaya, dan pada harga *input* relatif tertentu.

3. Efisiensi Biaya

Perusahaan dapat dikatakan melakukan efisiensi biaya jika perusahaan tersebut mampu mencapai tingkat efisien dengan baik secara alokatif maupun secara teknis. Efisien biaya dihitung sebagai produk dari nilai efisiensi teknis dan efisiensi alokatif, sehingga perusahaan hanya dapat mencapai 100 persen nilai efisiensi biaya jika telah mencapai 100 persen efisiensi baik efisiensi teknis dan efisiensi alokatif.

Terdapat 2 metode yang umumnya digunakan untuk mengukur efisiensi di sejumlah penelitian, yaitu metode parametrik dan non – parametrik. Kedua metode tersebut berbeda terutama pada asumsi yang ditentukan pada data dalam hal bentuk fungsional *best-practice frontier* (bentuk fungsional parametrik yang lebih dibatasi versus bentuk non-parametrik yang lebih bebas) dan eksistensi dari *random error* (Berger dan Humprey, 1997). Metode parametrik contohnya adalah *Stochastic Frontier Approach* (SFA), *Thick Frontier Approach* (TFA), dan *Distribution Frontier Approach* (DFA). Pengukuran efisiensi dengan menggunakan model parametrik tergantung pada pemilihan bentuk fungsional, asumsi distribusi dan ketetapan dari parameter, beberapa asumsi ini sangat kuat sehingga hasil empiris yang ada cukup sensitif dengan asumsi tersebut. Secara umum metode parametrik membolehkan adanya *random error* atau *noise* dalam pengukuran ketidakefisienan, hal ini merupakan salah satu keunggulan dari metode parametrik (Delis and Papanikalou, 2009).

Metode non-parametrik contohnya adalah *Data Envelopment Analysis* (DEA) dan *Free Disposal Hull* (FDH) (Vincova, 2005). Metode non-parametrik ini diasumsikan tidak ada *random error*. Asumsi tidak ada *random error* ini berarti bahwa diasumsikan tidak ada kesalahan pengukuran dalam membentuk *frontier* dan tidak ada keberuntungan yang secara temporer memberikan *Decision Making Unit* (DMU) pengukuran kinerja yang lebih baik pada suatu tahun dan pada tahun selanjutnya. Asumsi tidak ada *random error*, juga diasumsikan bahwa tidak ada ketidakakuratan yang dibentuk oleh aturan akuntansi yang membuat *output* dan *input* yang diukur berbeda dari *output* dan *input* ekonomi (Berger & Humprey, 1997). Keunggulan dari metode parametrik adalah sederhana dan mudah untuk dihitung karena tidak membutuhkan spesifikasi dari bentuk fungsional. Namun, karena pada metode ini tidak memperbolehkan hasil perhitungan yang efisien (Hadad, *et al.*, 2003).

2.4 Tinjauan Tentang Efisiensi Teknis

Efisiensi teknis didefinisikan sebagai kemampuan seseorang petani untuk mendapatkan *output* secara maksimum dari penggunaan suatu *input*. Efisiensi teknis diartikan sebagai kemampuan petani untuk memproduksi pada tingkat *output* tertentu dengan menggunakan *input* minimum pada tingkat teknologi tertentu. Seorang produsen akan lebih efisien secara teknis daripada produsen lainnya apabila mampu menghasilkan produk yang lebih tinggi secara konsisten, dengan menggunakan faktor produksi yang sama (Sukirno, 2000).

Ortega *et al.* (2002) mengatakan bahwa faktor-faktor seperti luas lahan usahatani, karakteristik demografi dan produsen, serta kebijakan publik mempunyai kontribusi terhadap perbedaan tingkat efisiensi teknik diantara petani. Morrison (2000) menemukan adanya hubungan positif antara luas lahan usahatani dengan efisiensi teknik.

Efisiensi teknis merupakan hubungan *input* produksi dan *output*, suatu perusahaan dikatakan efisiensi secara teknis apabila penggunaan *input* produksi tertentu dapat menghasilkan *output* yang optimal. Ridhani (2010) mengatakan bahwa efisiensi teknis dapat diketahui dengan melihat *input* produksi yang digunakan pengaruhnya terhadap penambahan produksi yang akan dihasilkan, hal ini dapat dihitung menggunakan elastisitas faktor produksi, dimana:

$$Ep = \frac{\Delta YX}{\Delta XY} \text{ atau } Ep = \frac{MPP}{APP}$$

Keterangan:

Ep = Elastisitas produksi

Y = Hasil produksi

X = Faktor produksi

ΔY = Perubahan produksi

ΔX = Perubahan *input*

MPP = *Marginal pyshical product*

APP = *Average pyshicsl product*

2.5 Data Envelopment Analysis (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) merupakan teknik non parametik yang dikembangkan oleh Charnes *et al.* (1978) dengan menggunakan linier programing, dengan membandingkan inefisiensi suatu perusahaan dengan *best practice* pada kelompok yang sama dengan asumsi *Constant Return to Scale* (CSR). Banker *et al.* (1984), menambahkan kendala dalam penggunaan model Charnes yang akan merefleksikan *Variable Return to Scale* (VRS). Menurut Wong (2007), DEA merupakan medel yang dapat digunakan untuk mengevaluasi seberapa efisien sebuah perusahaan beroperasi.

DEA adalah model analisis multifaktor produktivitas untuk mengukur efisiensi sebuah unit entitas atau biasa disebut dengan *Decision Making Unit* (DMU) (Kartin dan Sudri, 2013). DMU menurut Cooper *et al.* (2000), adalah entitas yang bertanggungjawab mengubah *input* menjadi *output* dan kinerjanya akan dievaluasi. Efisiensi yang dianalisis menggunakan DEA bersifat teknis bukan ekonomis, sehingga analisis DEA hanya memperhitungkan nilai absolut dari suatu variabel. Satuan dasar pengukuran dari tiap variabel yang mencerminkan nilai ekonomis seperti harga, berat, panjang dan isi tidak dipertimbangkan (Nugroho, 2003). Pengukuran menggunakan DEA lebih menguntungkan karena melibatkan variabel yang memiliki satuan yang berbeda dapat dihitung.

DMU dapat dikatakan memiliki efisiensi relatif penuh atau 100% apabila *input* dan *output* dapat ditingkatkan tanpa adanya penurunan beberapa *input* atau

output lainnya (Cooper *et al.*, 2000). Konsep dasar dalam penggunaan DEA menurut Cooper (2007), adalah (1) harus tersedia data numerical bagi setiap *input* dan *output*. Data dapat diasumsikan bernilai positif untuk semua DMU. (2) pemilihan *input*, *output* dan DMU harus merefleksikan minat dari analisis atau manajer. (3) pada prinsipnya semakin banyak jumlah *input* dan semakin banyak jumlah *output* akan lebih baik dalam perhitungan skor efisiensi. Ukuran atau besaran pada masing-masing *input* dan *output* tidak perlu harus sama. Pertimbangan dalam pemilihan sampel DMU adalah jumlah dari DMU sendiri. Jumlah DMU yang lebih besar akan membedakan secara selektif DMU yang efisien dan tidak efisien sehingga hasil perkalian jumlah *input* dan jumlah *output* dari jumlah DMU (Barnum and Gleason, 2008). Dyson (2001) juga mengatakan bahwa jumlah DMU sekurang-kurangnya tiga kali lebih besar dari total jumlah variabel *input* dan *output*.

Beberapa isu penting yang harus diperhatikan dalam penggunaan DEA adalah sebagai berikut (Coelli, 1998)

1. *Positivity*, metode DEA menuntut semua variabel, baik variabel *input* maupun *output* bernilai positif.
2. *Isotonicity*, setiap variabel, baik variabel *input* maupun variabel *output* harus mempunyai hubungan *isotonicity* yang berarti bahwa setiap kenaikan pada variabel *input* maka harus menghasilkan kenaikan pada variabel *output* dan tidak ada variabel *output* yang mengalami penurunan.
3. Jumlah DMU, dibutuhkan setidaknya DMU untuk setiap variabel *input* dan *output* yang digunakan dalam model untuk memastikan adanya *degree of freedom*.
4. *Windows Analysis*, perlu dilakukan analisis apabila terjadi pemecahan pada DMU (semisal tahunan menjadi triwulan) yang biasanya dilakukan untuk memenuhi syarat jumlah DMU. Analisis ini dilakukan untuk menjamin stabilitas nilai produktivitas dari DMU yang bersifat *time independent*.
5. Penentuan bobot, DEA menentukan bobot untuk setiap unit relative terhadap unit yang lain dalam 1 set data, terkadang dalam kenyataan manajemen dapat menentukan bobot sebelumnya.

6. *Homogeneity*, seluruh DMU yang dievaluasi harus mempunyai variabel *input* dan *output* yang sejenis.

Kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan metode *Data Envelopment Analysis* sebagai berikut:

1. Kelebihan metode DEA
 - a. Dapat menangani banyak *input* dan *output*
 - b. Tidak membutuhkan asumsi hubungan fungsional antara variabel *input* dan *output*
 - c. DMU dibandingkan secara langsung dengan sesamanya
 - d. *Input* dan *output* dapat memiliki satuan pengukuran yang berbeda
 - e. Mampu memberikan penilaian tunggal berupa penilaian efisiensi relatif sejumlah DMU
2. Kelemahan metode DMU
 - a. Bersifat *simple specific* yaitu setiap *input* dan *output* indentic dengan lain dalam tipe yang sama
 - b. Merupakan *extreme point technique*, kesalahan pengukuran bisa berakibat fatal
 - c. Hanya mengukur efisiensi relatif dari DMU bukan efisiensi absolut
 - d. Uji hipotesis secara statistic DEA sulit dilakukan karena DEA merupakan *non parametric*.
 - e. DEA menggunakan perumusan *linier programming* terpisah untuk tiap DMU, oleh karena itu perhitungan harus dilakukan dengan komputerisasi dengan bantuan *software* (perhitungan secara manual sulit dilakukan).

Menurut Charnes (1978) *Data Envelopment Analysis* (DEA) mempunyai 3 orientasi dalam perhitungan efisiensi relatif, yaitu:

1. Model orientasi *input* (*input oriented model*), merupakan suatu model dimana setiap DMU diharapkan mampu memproduksi sejumlah *output* tertentu dengan sejumlah *input* terkecil yang memungkinkan (meminimalkan *input*) dengan demikian *input* merupakan sesuatu yang dapat dikontrol.
2. Model orientasi *output* (*output oriented model*), merupakan suatu model dimana setiap DMU diharapkan memproduksi sejumlah *output* terbesar yang

memungkinkan dengan jumlah *input* tertentu (mengoptimalkan *output*) dengan demikian *output* merupakan sesuatu yang dapat dikontrol.

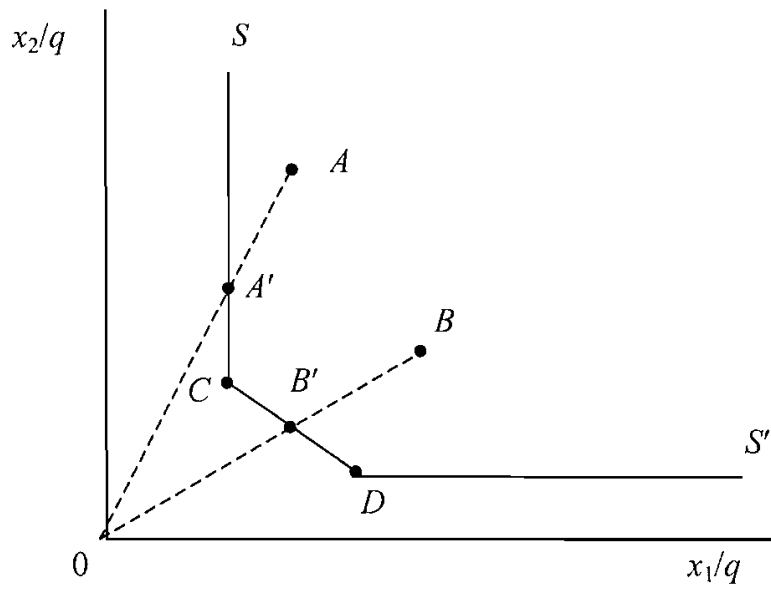
3. Model orientasi dasar (*base oriented model*) merupakan suatu model dimana setiap DMU diharapkan memproduksi dengan kondisi gabungan optimal antara *input* dan *output*, demikian *input* dan *output* merupakan suatu yang dikontrol.

DEA memiliki dua model yaitu DEA CCR dan DEA BCC (Avval *et al.*, 2011). DEA pertama kali diperkenalkan oleh Charnes *et al.* pada tahun 1978 dan memberikan nama dengan DEA Charnes Cooper Rhodes (DEA CCR). Model ini memperkenalkan suatu ukuran efisien untuk masing-masing DMU yang merupakan rasio maksimum antara *output* yang terbobot dengan *input* yang terbobot. DEA CCR menggunakan asumsi *Constant Return to Scale* (CRS) yang berarti setiap penambahan *input* akan memberikan proporsi yang sama terhadap *output*-nya (Chen *et al.*, 2009).

Model kedua yang merupakan model dari DEA hasil dari modifikasi yaitu DEA BCC (Banker, Charnes, Cooper). Model ini merupakan pengembangan dari model CCR. Kondisi nyata, seringkali persaingan dan kendala-kendala keuangan dapat menyebabkan suatu unit bisnis tidak beroperasi pada skala yang optimal, sedangkan asumsi pada CCR berlaku jika unit bisnis yang diobservasi beroperasi pada skala optimal. Alasan inilah membuat Banker, Charnes dan Cooper pada tahun 1984 memperkenalkan model DEA BCC (Pulansari, 2008). DEA BCC pertama kali diperkenalkan oleh Banker *et al.*, pada tahun 1987. Model DEA CCR merupakan perbandingan nilai *output* dan *input* bersifat konstan, penambahan nilai *input* dan *output* sebanding. Berbeda dengan model DEA BCC yang juga dikenal dengan *Variable Return to Scale* (VRS) atau peningkatan *input* dan *output* tidak berproporsi sama. Peningkatan proporsi bisa bersifat *Increasing Return to Scale* (IRS) atau bersifat *Decreasing Return to Scale* (DRS) (Avval *et al.*, 2011).

Gambar 1. menunjukkan pengukuran efisiensi menggunakan frontier DEA. Perusahaan (DMU) yang menggunakan kombinasi input C dan D adalah dua perusahaan yang efisien karena berada pada garis frontiernya. Perusahaan A dan B adalah perusahaan yang tidak efisien. Efisiensi teknis menurut Farell (1957) untuk perusahaan A dan B adalah OA'/OA dan OB'/OB . Namun pada titik ini (A') masih belum diketahui apakah merupakan titik yang paling efisien karena

masih memungkinkan untuk mengurangi jumlah input x_2 yang CA' disebut sebagai *input excess*



Sumber: Coelli, Rao, O'Donnell and Battese (2005)

Gambar 1. Pengukuran Efisiensi Teknis dan Input Slacks