

KEHILANGAN SUKROSA DALAM SISTEM TEBANG MUAT ANGKUT DI PABRIK GULA SINDANG LAUT DAN TERSANA BARU CIREBON

SUCROSE LOSS IN THE HARVEST-LOADING-TRANSPORT SYSTEM AT SINDANG LAUT AND TERSANA BARU SUGAR MILLS, CIREBON

Tajuddin Bantacut*, Sukardi, dan Irfan Ardiansyah Supatma

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, PO Box 220, Bogor 16002
Email: bantacut@indo.net.id dan tajuddin@ipb.ac.id

ABSTRACT

The loss of sucrose in the cane sugar production could reach 35 percents. Harvesting, loading and transporting the sugarcane contribute significantly to the total lost prior to milling, ranging from 5-25 percent. The aims of this research were to identify factors that influence the harvest-loading-transport system, to analyze the pattern of sucrose content loss in sugar cane before milling, and to recommend means of improving the harvest-loading-transport system according to the existing condition of sugar factories. The implementation of the harvest-loading-transport system could be influenced by many factors; among them were the factors that determine the harvesting schedule (T-score) which consist of planting time, difference between lowest and highest purity levels, average sucrose content, difference between upper and lower sucrose contents, maturity factor, increasing coefficient, durability coefficient, shoot borer, plant condition, and distance. The loading and transport system was determined by the plantation layout, infrastructure (road, bridge conditions), topography, climate and weather, and equipment for fire tackling.

Keywords: sucrose losses, harvest-loading-transport, T-score

ABSTRAK

Kehilangan sukrosa dalam produksi gula dapat mencapai 35%. Penebangan, pemuatan dan pengangkutan tebu berkontribusi nyata dalam kehilangan sukrosa sebelum penggilingan yakni berkisar antara 5-25 %. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dalam sistem tebang muat angkut, menganalisa pola penyusutan rendemen tebu sebelum giling, merekomendasikan sistem tebang muat angkut terbaik sesuai dengan kondisi pabrik gula yang menjadi objek penelitian. Penerapan sistem tebang muat angkut dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah *T-Score* yang meliputi jadwal tanam, perbedaan antara tingkat kemurnian tertinggi dan terendah, kandungan rata-rata sukrosa, perbedaan kandungan sukrosa atas dan bawah, faktor kemasakan, koefisien peningkatan, koefisien daya tahan, hama penggerek pucuk, kondisi kebun atau tanaman, dan jarak. Pemuatan dipengaruhi oleh tata letak kebun, infrastruktur (jalan, jembatan), topografi, iklim, cuaca dan penanganan kebakaran kebun.

Kata kunci: susut rendemen, tebang-muat-angkut, *T-score*

PENDAHULUAN

Gula adalah produk sangat penting bagi ketahanan pangan nasional yang memiliki tingkat konsumsi tinggi dan ragam penggunaannya sangat luas. Setiap tahun konsumsinya meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan konsumsi bahan pangan masyarakat. Konsumsi gula nasional terus meningkat dan pada tahun 2007 berkisar 3,5 juta ton setiap tahun. Pada tahun yang sama produksi nasional hanya mencapai 2,4 juta ton (Barani, 2007). Keadaan yang sama terjadi pada tahun 2009 dengan produksi 2,52 juta ton, sedangkan total konsumsi mencapai 4,55 juta ton terdiri dari konsumsi langsung 2,70 juta ton dan konsumsi industri 1,85 juta ton. Kecukupan gula dipenuhi melalui impor sebanyak 2,03 juta ton. Proyeksi pertumbuhan pada tahun 2014 berdasarkan pertambahan penduduk dan perkembangan industri (terutama makanan dan

minuman) meningkatkan konsumsi menjadi 5,32 juta ton yakni 2,96 juta ton konsumsi langsung dan 2,36 juta ton konsumsi industri. Upaya peningkatan produksi yang rasional tanpa membangun pabrik baru hanya mampu meningkatkan produksi menjadi 3,60 juta ton sehingga pemenuhan kebutuhan melalui impor masih sebesar 1,72 juta ton (Bantacut, 2010).

Banyak upaya peningkatan produksi yang harus dan dapat dilakukan, termasuk upaya mengurangi susut panen, pasca panen dan pengolahan. Notojoewono (1984) menyatakan kehilangan gula dari saat tebang sampai akhir pengolahan dapat mencapai 35%. Kehilangan yang terjadi pada saat tebang sampai giling berkisar 5 sampai 25%. Kehilangan ini terutama disebabkan keterlambatan giling sehingga tebu menjadi rusak. Kerusakan tebu tidak hanya menyebabkan kehilangan gula, tetapi juga menyebabkan

pengolahan menjadi lebih sulit (Siddhant *et al.*, 2009; Suman *et al.*, 2000).

Tingginya kehilangan gula sebelum giling disebabkan adanya permasalahan manajemen tebang muat angkut (TMA) sehingga waktu menunggu tebu menjadi lebih lama dan tidak sesuai dengan nilai baku. Selain itu, pelaksanaan tebang yang tidak sesuai juga menyebabkan penurunan produktivitas. Perhatian terhadap susut pasca panen secara umum dan TMA secara khusus telah banyak menjadi perhatian peneliti (Jyoti, 2009; Rakkiyappan, 2009; Saxena, 2010; dan Solomon, 2000). Penelitian tersebut banyak memberikan perhatian pada faktor kehilangan gula secara terpisah dengan fokus pada area sub-tropis. Penelitian ini melakukan observasi terhadap kehilangan gula secara terpadu dalam sistem TMA secara keseluruhan, sehingga dapat menjadi acuan perbaikan yang sesuai untuk pabrik gula. Sistem TMA seharusnya dikembangkan sesuai dengan kondisi pabrik gula sehingga dapat diterapkan untuk meminimalisasi penyusutan rendemen dalam tebang muat angkut di pabrik gula.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dalam sistem TMA, menganalisa pola penyusutan rendemen tebu sebelum giling, dan merekomendasikan sistem tebang muat angkut terbaik sesuai dengan kondisi PG Sindang Laut dan PG Tersana Baru.

METODE PENELITIAN

Kerangka Penelitian

Sistem TMA tebu meliputi penebangan, pemuatan, pengangkutan/transportasi, dan disiplin antrian yang digunakan. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam membentuk sistem ini yang dilaksanakan dalam suatu pabrik gula. Sistem yang biasa digunakan adalah sistem manual, mekanis, dan atau semi-mekanis.

Kesesuaian sistem TMA yang digunakan akan mempengaruhi produktivitas pabrik secara keseluruhan. Sistem yang sesuai dapat menekan tingkat kerusakan dan meminimalkan waktu menunggu tebu dalam proses tersebut. Semakin sesuai sistem maka semakin kecil penyusutan rendemen tebu pada proses tebang muat angkut. Pada akhirnya, rendemen gula yang dihasilkan dapat meningkat.

Analisis sistem TMA dilakukan dengan mengamati proses yang berjalan di pabrik gula. Pengamatan dilakukan dengan mengikuti alur proses, mulai dari penebangan, pemuatan tebu ke alat angkut, pengangkutan tebu dari kebun ke pabrik, dan sistem antrian di pelataran tebu (*cane yard*). Berdasarkan pengamatan terhadap sistem tebang muat angkut pabrik gula maka didapatkan kesesuaian sistem yang digunakan.

Analisis penyusutan rendemen dilakukan berdasarkan pengukuran parameter mutu gula tebu yang meliputi nilai briks dan pol tebu. Pengukuran

dilakukan di kebun, pada saat tebu ditebang dan di pelataran tebu pada saat tebu sampai di pabrik. Selain itu dilakukan juga pengukuran waktu menunggu tebu antara kebun dan pabrik. Dari data yang didapatkan dibuat persamaan penyusutan mutu tebu sebelum giling.

Tahapan Penelitian

Kegiatan Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data dimulai dengan melakukan analisis kebutuhan data jadwal tebang-muat-angkut dan analisa kebutuhan data penentuan rendemen baik di kebun maupun di pelataran tebu (*cane yard*) pabrik gula. Setelah diketahui data jadwal tebang, maka dilakukan observasi di kebun tebu yang ditebang, yang meliputi nama kebun, varietas tebu, kondisi kebun, jarak kebun ke pabrik, jumlah tenaga penebang, waktu penebangan, kuota tebang, dan pengukuran briks dan pol tebu.

Tebu yang telah ditebang dimuat ke alat angkut, selanjutnya dibawa ke pabrik. Jumlah alat angkut dihitung berdasarkan kuota tebang setiap kebun. Dalam pemuatan dan pengangkutan dilakukan pengamatan waktu siklus pada proses tersebut. Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan satu kali kegiatan pemuatan atau pengangkutan. Pengamatan terhadap waktu siklus pemuatan dilakukan per alat angkut tebu dan waktu siklus perjalanan tebu dari kebun ke pabrik. Waktu siklus perjalanan dari kebun ke pabrik dilakukan dengan mensinkronkan antara waktu keberangkatan alat angkut dari kebun dan waktu kedatangan alat angkut di pelataran tebu pabrik gula. Pengambilan data dari berbagai sumber dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder.

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dilakukan untuk mendapatkan sistem tebang muat angkut terbaik dan model matematis penyusutan rendemen tebu sebelum giling. Alat bantu matematik yang digunakan adalah persamaan regresi tunggal menggunakan excel. Peubah yang dianalisis adalah nilai briks dan pol tebu yang diukur dengan selang waktu satu jam selama 60 jam. Pemilihan persamaan terbaik didasarkan pada nilai koefisien determinasi (R^2) terbesar. Dengan data tersebut dapat disusun rekomendasi yang dapat diterapkan oleh manajemen TMA.

Sistem Tebang Muat Angkut di PG Sindang Laut dan PG Tersana Baru

Ketentuan dalam Sistem Tebang Muat Angkut

Pelaksanaan sistem TMA dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor-faktor yang menentukan jadwal tebang (T-score) yang meliputi masa tanam, selisih harkat kemurnian bawah dan harkat kemurnian atas, rendemen rata-rata, selisih antara rendemen atas dan rendemen bawah, faktor kemasakan, koefisien peningkatan,

koefisien daya tahan, hama penggerek pucuk, kondisi tanaman, dan jarak. *Layout* kebun, prasarana (kondisi jalan, jembatan), topografi, iklim dan cuaca, dan peralatan penanggulangan kebakaran menentukan sistem tebangan yang digunakan (Pabrik Gula Sindang Laut, 2007; Pabrik Gula Tersana Baru, 2007).

Teknik dan Cara Tebang Muat Angkut (Standard Operasional Procedure)

Sistem tebang yang digunakan dalam *Standard Operasional Procedure* (SOP) di PG Sindang Laut dan PG Tersana Baru adalah penebangan secara manual dengan tenaga manusia. Penebangan dilaksanakan mengacu pada jadwal yang telah disusun berdasarkan perhitungan T-score dan disesuaikan pula dengan kapasitas giling pabrik sehingga tidak menyebabkan kekurangan dan kelebihan tebu. Penyesuaian tebangan dengan kapasitas giling diimplementasikan melalui pembatasan “keper” (surat kuota angkutan tebu) dan sisa pagi sebesar 14% dari kapasitas giling atau tiga jam kapasitas giling. Kedua Pabrik Gula menerapkan waktu tunda maksimal antara tebu setelah ditebang dan tebu masuk gilingan adalah 24 jam.

Pemanenan atau penebangan dilakukan terhadap tebu segar. Pelaksanaan penebangan dilakukan dengan penerapan tebang rata tanah untuk *plant cane* (PC), keprasan 1, dan keprasan 2, yaitu dengan tinggi maksimal tunggak 5 cm. Tebu yang telah ditebang dan yang akan digiling harus bersih dari sogolan (tebu muda), pucuk, dan daun kering. Kandungan sampah maksimal yang diizinkan adalah 5%. Pengangkutan tebu yang dilakukan oleh PG Sindang Laut dan PG Tersana Baru menggunakan truk dengan kapasitas 5,5-6 ton/unit. Selain truk, kedua pabrik gula menggunakan lori sebagai alat angkut. Pada dasarnya kedua Pabrik Gula menggunakan prinsip *First In First Served*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Tebang Muat Angkut PG Sindang Laut dan Tersana Baru

Kondisi Penebangan, Pemuatan dan Pengangkutan

Pabrik gula menggunakan sistem tebang dan sistem muat secara manual yaitu dengan tenaga manusia. Pelaksanaan penebangan dilakukan dengan penerapan tebang rata tanah untuk PC, keprasan 1, dan keprasan 2, yaitu dengan tinggi maksimal tunggak 5 cm. Kandungan sampah maksimal yang diizinkan adalah 5%. Setelah ditebang tebu diikat untuk memudahkan pemuatan ke truk yang dilakukan oleh penebang. Waktu proses pemuatan berkisar antara 0,5-1,5 jam/truk tergantung pada banyaknya tenaga muat. Proses pemuatan dilakukan secepatnya setelah proses tebang tebu. Akan tetapi proses pemuatan juga dipengaruhi oleh tersedianya alat angkut di kebun tebu yang akan ditebang.

Proses pengangkutan tebu dilakukan dengan menggunakan truk dan lori. PG Sindang Laut memiliki komposisi alat angkut, yaitu truk 90% dan sisanya 10% menggunakan lori. PG Tersana Baru memiliki komposisi alat angkut, yaitu truk 83% dan lori 17%. Pengangkutan dengan menggunakan lori tersebut dilakukan untuk kebun-kebon yang masih terjangkau oleh rel-rel lori, atau kebun-kebon yang letaknya dekat dengan pabrik. Kapasitas angkut masing-masing, yaitu untuk truk berkapasitas 6 ton/unit dan untuk lori berkapasitas 2,5 ton/unit.

Sistem antrian yang ada di masing-masing PG adalah FIFO (*First In First Out*), dimana tebu yang datang lebih dahulu ke pelataran pabrik akan digiling lebih dahulu juga. Dalam pelaksanaannya, sistem ini hanya terjadi pada *direct feeding*, yaitu tebu yang masuk ke gilingan tanpa dipindahkan ke lori. Tebu-tebu untuk persediaan giling malam hari adalah tebu yang tersedia di lori-lori yang berada di pelataran tebu. Tebu-tebu yang tersedia dari lori tersebut berasal dari truk-truk yang datang ke pelataran pada saat pabrik masih menggiling tebu-tebu sisa malam hari. Selanjutnya jika tebu persediaan telah habis digiling, maka yang terjadi adalah *direct feeding*. Untuk memenuhi persediaan tebu giling malam hari, dilakukan pemindahan tebu ke lori pada saat terjadi antrian panjang atau pada saat sore hari.

Permasalahan

Kondisi Kebun

Bahan non tebu adalah semua bahan asing selain tebu, bersabut atau tidak bersabut, yang tidak atau sedikit mengandung gula. Bahan yang bersabut misalnya daun tebu, pucuk tebu, kelaras/kelopak tebu, akar tebu, sogolan yang masih muda (tidak/sedikit bergula), gulma dan kayu. Bahan tak bersabut misalnya tanah, pasir, batu dan bahan logam. Bahan-bahan non gula yang terdapat dalam tebu yang akan diolah harus dipisahkan atau dibersihkan sampai pada batas yang tidak merugikan.

Kotoran bersabut akan menurunkan rendemen tebu karena akan menaikkan kadar sabut dengan menurunkan kadar nira tebu. Ini berarti, sebagian gula yang seharusnya dapat diperoleh hilang dalam ampas. Akibatnya ada bagian non-gula yang larut, sehingga menurunkan harkat kemurnian nira tebu. Kotoran tidak bersabut mungkin tidak larut, akan tetapi akan merusak peralatan sehingga akan menurunkan performa peralatan dan menambah biaya perbaikan. Kotoran seperti tanah yang tidak larut akan mempersulit proses pemurnian sehingga sukar untuk mendapatkan nira jernih.

Kebersihan tebu dari unsur non tebu dapat diawali dengan perbaikan kebersihan kebun yang akan ditebang. PG Sindang Laut, kondisi kebun yang kotor mencapai 56,52%, sedangkan kondisi kebun yang cukup bersih hanya mencapai 30,43%.

Sisanya adalah kebun yang terbakar yakni sekitar 13% bahkan terkadang lebih.

Pada daerah PG Tersana Baru kebun tebu dengan kondisi kotor mencapai 60,61%, roboh dan kotor sebanyak 15,15%, dan kondisi kebun yang bersih hanya 6,06% dan kebun yang mendekati bersih/cukup bersih seluas 12,12%. Data bagian tanaman PG Tersana Baru mencatat kebun tebu yang roboh mencapai 1000 ha. Hal ini jelas dapat mengakibatkan penyusutan rendemen tebu karena tebu yang roboh akan cepat mengalami kematian atau kerusakan.

Umur Tebu

Berdasarkan pengamatan selama satu periode pada parameter umur tebang di PG Sindang Laut, komposisi tebu yang ditebang tertinggi sebanyak 35% adalah pada saat umur 13 bulan. Selanjutnya 25% untuk umur 12 bulan, 20% untuk umur 11 bulan, 15% untuk umur 14 bulan, dan sisanya 5% dengan umur tebang tebu 9 bulan. Untuk PG Tersana Baru, umur tebang tebu yang terbanyak adalah 12 bulan mencapai 41%, tebu yang ditebang pada usia 13 bulan mencapai 33%, tebu yang ditebang pada usia 11 bulan, 9 bulan dan 8 bulan mencapai 8%, dan untuk tebu yang ditebang pada saat umur 14 bulan mencapai 2%.

Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh dari masing-masing pabrik gula, didapatkan umur tebu yang ditebang adalah 8 sampai 14 bulan. Hal tersebut menunjukkan bahwa tebu yang ditebang termasuk dalam rentang rendemen yang terlalu lebar.

Tunggak Tebu

Pengamatan selama satu periode untuk PG Sindang Laut, persentasi tertinggi, yaitu sebesar 48% adalah tinggi tunggak antara 5 cm sampai 10 cm. Tinggi tunggak antara 10 sampai 20 cm mencapai 22%, sedangkan tinggi tunggak yang tidak melebihi 5 cm adalah 30%. Untuk PG Tersana Baru, tinggi tunggak yang tidak melebihi 5 cm adalah sebesar 54%, sisanya sebesar 41% adalah tinggi tunggak antara 5 sampai 10 cm dan 5% dengan tinggi tunggak diatas 20 cm.

Berdasarkan pengamatan tersebut, kedua Pabrik Gula masih belum memenuhi syarat tebang tandas/rata tanah yang maksimal. Hal tersebut menggambarkan bahwa kedua pabrik gula belum melaksanakan prosedur yang sesuai dengan SOP yang telah mereka buat.

Analisis Sistem Tebang Muat Angkut

Teknik dan Cara Tebang, Muat, dan Angkut

Penebangan tebu dilakukan dengan cara manual. Tebu ditebang oleh tenaga manusia menggunakan arit/parang sebagai alat menebang. Penggunaan teknik manual disebabkan kondisi topografi dan *layout* kebun yang sulit dijangkau jika menggunakan penebangan mekanis. Kondisi yang terdapat di kedua PG adalah kebun kotor atau kebun

terbakar, *trash* besar, tebu roboh. Sistem pembayaran berdasarkan tonase (berat tebu) menjadi salah satu penyebab tingginya kotoran atau benda asing yang terikut. Kondisi kebun kotor mengakibatkan produktivitas penebang relatif rendah.

Sistem pembayaran/pengupahan berdasarkan tonase akan memicu pekerja menebang tebu sebanyak mungkin. Dalam kondisi ideal sistem ini sangat mendukung untuk menjadikan produktivitas tinggi. Akan tetapi dengan kondisi kebun yang kotor, penebang pun mengesampingkan kualitas tebu, banyak sampah atau kotoran yang ikut dalam batang-batang tebu karena hal tersebut juga menambah bobot tebu yang akhirnya pembayaran upah pun menjadi lebih tinggi. Uppal *et al.* (2008) membuktikan bahwa pembersihan buku-buku tebu sebelum digiling dapat meningkatkan kemurnian, pol, dan menurunkan gula produksi.

Proses pemuatan dengan tenaga manusia memakan waktu antara 0,5 sampai 2 jam per truk (kapasitas 6 ton). Hal tersebut dipengaruhi oleh banyaknya tenaga muat. Berbeda dengan pemuatan dengan mekanis yang memiliki waktu proses yang lebih singkat dan dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja. Pemuatan yang dilakukan secara manual ini dapat mengurangi kotoran atau bahan non tebu ikut dalam gilingan. Karena pada saat akan dimuat, biasanya penebang membersihkan dahulu tebu-tebu tersebut. Pengangkutan dengan menggunakan truk berkapasitas 6 ton sudah cukup efektif dilakukan karena sesuai dengan infrastruktur jalan yang tersedia.

Penyusutan Rendemen

Susut rendemen gula akibat penundaan giling lebih besar dari pada kehilangan yang terjadi dalam proses pengolahan. Adapun jenis penundaan yang terjadi adalah sebagai berikut:

- Di kebun, yaitu pada waktu penebangan, memotong, menumpuk tebu, dan memuat pada alat pengangkut.
- Penundaan akibat pengangkutan dapat disebabkan oleh jarak, keadaan jalan, cuaca, dan arus lalu lintas dari kebun ke pabrik
- Di pabrik, yaitu penundaan karena menunggu untuk digiling.

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, mutu tebu setelah ditebang memiliki nilai briks rata-rata 20,29% dan pol rata-rata 17,1%. Setelah sampai di *caneyard*, tebu mengalami penyusutan mutu dengan nilai briks rata-rata 19,59% dan pol rata-rata 16,24% (parameter yang sama digunakan juga oleh Solomon *et al.*, 2007 dan Uppal, 2003).

Hubungan Penyusutan Briks dan Pol terhadap Waktu Menunggu Tebu

Kehilangan gula atau rusaknya tebu (*cane deterioration*) antara proses pemanenan dan sebelum pengolahan sudah lama diketahui. Kehilangan gula

segera terjadi sejak penebangan sudah lama diketahui (Wood dan Toit, 1972) dengan tingkat kehilangan gula dalam pasca panen sebelum pengolahan dapat bervariasi antara 5-25% (Bhatia *et al.*, 2009). Pada tebu setelah ditebang kadar sukrosa yang terkandung di dalamnya akan terhidrolisis oleh enzim invertase menjadi gula sederhana (glukosa dan fruktosa). Kedua produk invertase ini adalah gula perduksi sehingga tidak dapat dikristalkan dan akan dipisahkan sebagai molases dalam proses pemusingan. Kulkarni dan Warne (2004) menemukan bahwa bakteri juga berperan aktif hingga 50% dalam proses invertase gula. Larrahondo *et al.* (2002) menekankan bahwa varitas membedakan tingkat susut gula. Oleh karena itu, pengembangan varitas dapat mengacu pada ketahanan terhadap kerusakan selama TMA.

Sampai sekitar 24 jam pertama setelah tebang, kadang-kadang terlihat kualitas tebu seolah-olah naik (nilai nira), namun ini adalah kenaikan semu. Ini terjadi karena ada satu atau lebih zat organik dalam nira yang sifat optis aktifnya berubah (memutar bidang polarisasi kekanan) dalam waktu itu. Sebenarnya hidrolisa (inversi) tetap berjalan terus dan ini terbukti dari meningkatnya kadar gula inversi. Ghasemnejad dan Jamshidi (2011) mengkuantifikasi pengaruh kerusakan mekanis (luka atau pecah) sangat besar.

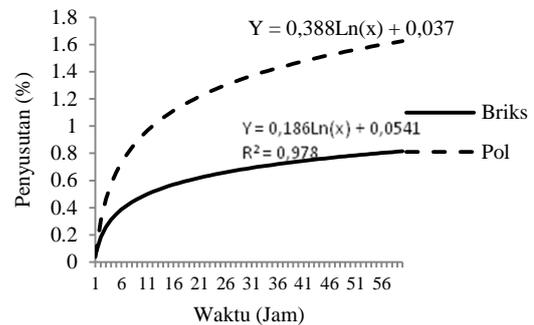
Berdasarkan hasil pengukuran mutu tebu dengan parameter nilai briks dan pol yang dilakukan di kebun dan di pelataran serta waktu siklus antara kebun dan pelataran tebu, maka dapat diketahui penyusutan mutu tebu dengan lebih jelas. Kuantifikasi dengan persamaan matematik dapat memudahkan perbandingan antara masing-masing nilai dan faktor penyebabnya (Andrady, 2000; Ghasemnejad dan Jamshidi, 2011). Proses pengkuantifikasian grafik dilakukan dengan cara mencari persamaan regresi yang sesuai dengan masing-masing garis grafik penyusutan mutu tebu.

Untuk menentukan kurva regresi yang paling sesuai, yaitu dengan memilih nilai determinasi (R^2) yang terbesar. Hines dan Montgomery (1990), menyatakan nilai koefisien R^2 memberikan pemahaman sejauh mana jenis kurva yang dipilih sesuai dengan data yang diplotkan. Semakin tinggi nilai R^2 mendekati satu, maka semakin kecil nilai penyimpangan yang terjadi antara persamaan kurva dengan data yang diplotkan.

Penyusutan nilai briks memiliki pola kurva logaritmik dengan nilai $R^2 = 0,978$ dan persamaan kurva $y = 0,186 \ln(x) + 0,054$. “Y” merupakan nilai penyusutan briks dan “x” merupakan waktu siklus dengan satuan jam dengan batas nilai “x” kurang dari atau sama dengan 60 jam. Gambar 1 merupakan kurva penyusutan nilai briks terhadap waktu.

Penyusutan nilai pol juga memiliki pola kurva logaritmik dengan nilai $R^2 = 0,776$ dan persamaan kurva $y = 0,388 \ln(x) + 0,037$. “Y” merupakan nilai penyusutan pol dan “x” merupakan

waktu siklus dengan satuan jam. Kedua persamaan tersebut memiliki batas “x” atau waktu kurang dari atau sama dengan 60 jam. Nilai R^2 tersebut mengindikasikan bahwa persamaan ini dapat digunakan untuk meramalkan penyusutan pol selama proses TMA (Santoso, 1999).



Gambar 1. Kurva penyusutan nilai briks dan pol terhadap waktu

Laju penurunan briks lebih landai dibandingkan dengan pol. Hal ini dapat difahami bahwa kerusakan gula tidak serta merta menurunkan kandungan bahan terlarut. Sebaliknya, kerusakan gula (sukrosa) secara langsung mempengaruhi nilai pol. Dari pola perubahan tersebut, maka waktu maksimum yang ditetapkan oleh parik (24 jam) masih terlalu panjang karena telah terjadi penurunan pol sekitar 0,6% dan pol sekitar 1,27%. Kondisi optimum yang dapat dicapai adalah 12 jam termasuk ketersediaan pertimbangan ketersediaan bahan baku untuk giling malam dan pagi hari.

Rekomendasi Sistem Tebang Muat Angkut Pabrik Gula

Berdasarkan faktor penting dalam sistem TMA, penebangan yang sesuai di kedua pabrik gula adalah dengan tenaga manusia, proses pemuatan dengan mekanis dan proses pengangkutan dari kebun ke pabrik menggunakan truk. Untuk alat angkut lori diganti dengan menggunakan truk karena dapat mempercepat waktu menunggu tebu. Perubahan tersebut dapat mengurangi waktu siklus selama 12,77 jam. Mengacu pada pola penyusutan mutu, maka rendemen di masing-masing pabrik gula meningkat sebesar 0,83%. Peningkatan produksi gula per hari untuk PG Sindang Laut sebesar 14,93 ton dan PG Tersana Baru sebesar 24,89 ton.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sistem TMA yang digunakan oleh kedua pabrik gula adalah sistem manual. Sistem tebang manual berarti pelaksanaan penebangan dan pemuatan dilakukan menggunakan tenaga manusia. Penggunaan sistem tebang tersebut telah sesuai

dengan kondisi topografi dan layout kebun. Pelaksanaan TMA belum sesuai prosedur yang ditetapkan seperti tunggak yang masih tinggi, jumlah kotoran (*trash*), serta waktu bongkar muat dan perjalanan yang masih terlalu panjang.

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, mutu tebu setelah ditebang memiliki nilai briks rata-rata 20,29% dan pol rata-rata 17,13%. Setelah sampai di *caneyard*, tebu mengalami penyusutan mutu dengan nilai briks rata-rata 19,59% dan pol rata-rata 16,24%. Penyusutan nilai briks dan pol memiliki pola kurva logaritmik sehingga waktu awal sangat kritis dengan laju kerusakan tinggi. Hal ini bermakna bahwa pemanenan tebu dengan kualitas baik dengan kerusakan fisik minimal menjadi faktor pengendalian kehilangan gula yang sangat penting untuk menghindari pemicu terjadinya kerusakan dini. Pada waktu yang relatif lama, laju kerusakan melambat akibat perubahan sifat fisik dan kimia tebu, antara lain penurunan pH. Laju yang menurun tersebut bukan berarti kerusakan terhenti tetapi justru tingkat kerusakan sudah dominan. Oleh karena itu, pembatasan waktu tunggu tebu dari tebang sampai giling harus dikurangi.

Saran

Berdasarkan faktor penting dalam sistem TMA, penebangan yang sesuai di kedua pabrik gula adalah dengan tenaga manusia, proses pemuatan dengan mekanis dan proses pengangkutan dari kebun ke pabrik dengan menggunakan truk. Untuk alat angkut lori diganti dengan menggunakan truk karena dapat memperpendek waktu menunggu tebu. Perubahan tersebut dapat mengurangi waktu siklus selama 12,77 jam. Mengacu pada pola penyusutan mutu, maka rendemen di masing-masing pabrik gula meningkat sebesar 0,83%. Peningkatan produksi gula per hari untuk PG Sindang Laut sebesar 14,93 ton dan PG Tersana Baru sebesar 24,89 ton.

Kesesuaian sistem tebang-muat-angkut tidak hanya dilakukan secara teknis. Tetapi perlu dilakukan perhitungan secara ekonomis sehingga diketahui kelayakan ekonomisnya. Untuk menanggulangi permasalahan sisa tebu dan produktivitas penebang, perlu dilakukan pengkajian sistem upah penebang. Hal ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa kondisi-kondisi yang tidak sesuai dengan baku prosedur dapat dihindari.

Bersamaan dengan peningkatan kepatuhan terhadap SOP TMA, seperti kebersihan kebun, tinggi tunggak dan kebersihan tebu, pengembangan varitas tebu yang relatif tahan terhadap kerusakan perlu dilakukan. Aspek ini sangat berpengaruh terhadap pengendalian kehilangan gula selama waktu tunggu.

DAFTAR PUSTAKA

Andrady AL. 2000. Assesment of Biodegradability in Organic Polymers. Di dalam: Hamid SH,

editor. *Handbook of Polymer Degradation*. New York: Marcel Dekker, inc.,

- Bantacut T. 2010. Swasembada Gula: Prospek dan Strategi Pencapaiannya. *Pangan* 19 (3): 245-256.
- Barani. 2007. Produksi Gula 2007 Diprediksi 2,4 juta Ton. [Http://www.bisnis.com/](http://www.bisnis.com/) edisi cetak/Kamis, 15/11/2007.
- Ghasemnejad MHM dan Jamshidi A. 2011. Forecast Model of Sugar Loss Due to Mechanical Harvesting of the Sugarcane Crop. *Aust J Basic & Appl Sci*. 5(12): 1190-1194.
- Hines WW, Montgomery DC, dan Radiansyah (Penterjemah). 1990. *Probabilitas dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen*. 2nd ed. Jakarta: UI Press.
- Jyoti SB, Uppal SK, Thind KS dan Batta SK. 2009. Post Harvest Quality Deterioration in Sugarcane Under Different Environmental Conditions. *Sugar Tech*. 11(2): 154-160.
- Kulkarni VM dan Warne D. 2004. Reduction of Sugar Loss Due to 'Cut-to-Mill' Delay by the Application of a Unique New Chemical Composition Called Sucroguard. *Proc S Afr Sug Technol Ass*. (2004) 78.
- Larrahondo JE, Briceño CO, Rojas M, Palma AE. 2002. Postharvest Sugar Losses In Sugar Cane: Varietal Differences and Effect of Harvesting Method. *Proceedings of the 2002 Sugar Processing Research Conference held in New Orleans, Louisiana, USA, 10-13 March 2002*.
- Mochtar H. 1982. Permasalahan Kualitas Tebu Sebagai Bahan Dasar Pabrik Sehubungan Dengan Teknologi Pemanenan, Angkutan dan lain-lain. Dewan Gula Indonesia, Jakarta.
- Mochtar M, Nyoman K, Nurai, Martoyo. 1988. Beberapa Aspek Pra dan Pasca Panen yang Perlu Diperhatikan dalam Rangka Maksimalisasi Perolehan Gula Dari Tebu. Seminar Budidaya Tebu Lahan Kering, Pasuruan, 23-25 September 1988. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan.
- Notojoewono. 1984. Tebu Rakyat Intensifikasi dan Koperasi Unit Desa. BP3G, Pasuruan.
- Pabrik Gula Sindang Laut. 2007. Rencana Kerja Tebang Angkut Tahun 2007 Berdasarkan Taksasi Maret. PT PG Rajawali II Unit PG Sindang Laut, Cirebon.
- Pabrik Gula Tersana Baru. 2007. Program Kerja Tebang Angkut Tahun 2007. PT PG Rajawali II Unit PG Tersana Baru, Cirebon.
- Rakkiyappan P, Shekinah DE, Gopaldasundaram P, Mathew MD, Asokan S. 2009. Post-Harvest Deterioration of Sugarcane With Special Reference to Quality Loss. *Sugar Tech*. 11(2): 167-170.

- Santoso S. 1999. SPSS: Mengolah Data Statistik Secara Profesional. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Saxena P, Srivastava RP, dan Sharma ML. 2010. Impact of Cut to Crush Delay And Bio-Chemical Changes in Sugarcane. *Aust J Crop Sci.* 4(9):692-699.
- Siddhant R, Srivastava RP, Singh SB, Sharma ML. 2009. Post-Harvest Sugar Losses in Sugarcane Varieties at High Ambient Temperature Under Subtropical Condition. *Sugar Tech.* 11(2): 222-224.
- Solomon S. 2000. Post-Harvest Cane Deterioration and its Milling Consequences. *Sugar Tech* 2(1-2): 1-18.
- Solomon S, Shrivastava AK, Singh P, Singh I, Sawnani A, Prajapati CP. 2007. An Assessment of Postharvest Sucrose Losses In Sugarcane Billets Under Sub-Tropical Conditions. Book chapter; Conference paper XXVI Congress, International Society of Sugar Cane Technologists, ICC, Durban, South Africa, 29 July - 2 August, 2007.
- Suman A, Solomon S, Yadav DV, Gaur A, Singh M. 2000. Post-harvest Loss In Sugarcane Quality Due to Endophytic Microorganisms. *Sugar Tech.* 2 (4): 21-25.
- Uppal SK. 2003. Post Harvest Losses in Sugarcane. *Sugar Tech.* 5(2): 93-94.
- Uppal SK, Bhatia S, dan Thind KS. 2008. Pre Milling Cane Preparation for High Sugar Recovery and Reduction of Post Harvest Losses in Sugarcane. *Sugar Tech.* 10(4): 346-349.
- Wood RA dan Du Toit JL. 1972. Deterioration Losses in Whole Stalk Sugarcane. Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association.