

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

Sucrose Content Loss in the Harvest-Loading-Transport System at PG Sindang Laut and PG Tersana Baru, Cirebon

Tajuddin Bantacut*, Sukardi, Irfan Ardiansyah Supatma

Departemen Teknologi Industri Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Institut Pertanian Bogor
Jl. Darmaga - Bogor 1660

*Penulis Korespondensi: email tajuddin@ipb.ac.id

ABSTRAK

Susut rendemen gula di lini produksi dari saat tebu ditebang sampai akhir pengolahan dapat mencapai 35%. Kehilangan terbesar terjadi saat tebang dan sebelum giling yaitu 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. Pengelolaan tebang muat angkut (TMA) di kedua pabrik gula adalah dengan menggunakan sistem TMA manual. Waktu rata-rata tebu menunggu setelah ditebang adalah 3.3 jam dengan kisaran antara 0.25 jam sampai 48 jam. Pemuatan adalah 0.9 jam dengan kisaran antara 0.5 jam sampai 1.5 jam. Pengangkutan dari kebun ke pabrik adalah 0.83 jam dengan kisaran 0.25 jam sampai 2 jam. Nilai briks tebu rata-rata kebun PG Sindang Laut adalah 18.73%. Nilai rata-rata tersebut memiliki kisaran terendah adalah 16.04% sedangkan tertinggi adalah 22.20%. Pabrik Gula Tersana Baru memiliki nilai briks tebu rata-rata diatas PG Sindang Laut, yaitu 20.12%. Nilai tersebut memiliki rentang antara 18% sampai 23%. Berdasarkan faktor penting dalam sistem tebang-muat-angkut, penebangan yang sesuai di kedua pabrik gula adalah dengan tenaga manusia, proses pemuatan dengan mekanisasi dan proses pengangkutan dari kebun ke pabrik dengan 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 rendemen, maka rendemen di masing-masing pabrik gula meningkat sebesar 0.83%.

Kata kunci: nilai briks, pabrik gula, sistem tebang muat angkut, susut rendemen

ABSTRACT

The loss of sucrose in the cane sugar production could reach 35%. Harvesting, loading and transporting the sugarcane contribute significantly to the total lost prior to milling, ranging from 5–25%. 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 can be influenced by many factors, among them are the factors determining the chopping schedule (T-score) which consist of planting time, difference between below purity level and upper purity level, average sucrose content, difference between upper sucrose content and below sucrose content, maturity factor, increase coefficient, durability coefficient, shoot auger pest, plant condition, and distance. The felling system is determined by the plantation layout, infrastructure (road, bridge conditions), topography, climate and weather, and equipment for fire tackling.

Keywords: cane sugar production, sucrose content, sucrose losses, harvest-loading-transport

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 yang pada tahun 2007 berkisar 3.50 juta ton setiap tahun. Pada tahun yang sama produksi nasional hanya mencapai 2.40 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 tahun 2014 berdasarkan pada penambahan penduduk serta 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 5-25%. Kehilangan ini terutama disebabkan keterlambatan giling sehingga tebu menjadi rusak. Kerusakan tebu tidak hanya menyebabkan kehilangan gula, tetapi juga menyebabkan pengolahan menjadi lebih sulit (Suman *et al.*, 2000; Siddhant *et al.*, 2009).

Tingginya kehilangan gula sebelum giling disebabkan adanya permasalahan manajemen tebang muat angkut (TMA) sehingga waktu menunggu tebu menjadi lebih lama dan tidak sesuai dengan baku nilai. Selain itu pelaksanaan tebang yang tidak sesuai juga mempengaruhi penurunan produktivitas. Perhatian terhadap susut pasca panen secara umum dan TMA secara khusus telah banyak menjadi perhatian peneliti (Solomon, 2000; Jyoti,

2009; Rakkiyappan, 2009; Saxena, 2010). 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 untuk perbaikan yang sesuai untuk pabrik gula. Sistem TMA yang dikembangkan sesuai dengan kondisi pabrik gula dapat meminimalisasi penyusutan rendemen dalam sistem TMA di pabrik gula.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh dalam sistem TMA, menganalisa pola penyusutan rendemen tebu sebelum giling, 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, dan disiplin antrian yang digunakan. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam membentuk sistem TMA 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 akan 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 akan didapatkan kesesuaian sistem yang digunakan.

Analisa 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 akan dibuat persamaan penyusutan mutu tebu sebelum giling.

Tahapan Penelitian

Pengamatan sistem dilakukan untuk menganalisa kesesuaian sistem tebang-muat-angkut yang telah dilaksanakan. Pengamatan dimulai dari proses penebangan tebu, pemuatan tebu ke alat angkut, pengangkutan tebu dari kebun ke pabrik dan disiplin antrian yang dilaksanakan di pelataran tebu. Setelah dilakukan pengamatan sistem kemudian dilaksanakan pengambilan data di PT PG Rajawali II unit PG Sindang Laut dan unit PG Tersana Baru. Pengambilan data dari berbagai sumber dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder. Kegiatan pengumpulan data dimulai dengan melakukan analisa 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 dilakukan terhadap waktu siklus pemuatan per alat angkut tebu dan waktu siklus perjalanan tebu dari kebun ke pabrik. Waktu siklus perjalanan dari kebun ke pabrik dilakukan dengan mensinkronisasikan antara waktu keberangkatan alat angkut dari kebun dan waktu kedatangan alat angkut di pelataran tebu pabrik gula.

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 teknik *operation research*. Dengan penelitian ini diharapkan dapat disusun rekomendasi yang dapat diterapkan oleh manajemen TMA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 dan jembatan), topografi, iklim dan cuaca, dan peralatan penanggulangan kebakaran menentukan sistem tebang yang akan digunakan (Pabrik Gula Sindang Laut 2007 dan 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 tebang yang telah tersusun berdasarkan perhitungan *T-score* dan disesuaikan pula dengan kapasitas giling pabrik sehingga tidak menyebabkan kekurangan dan kelebihan tebu. Penyesuaian tebang 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 5.5-6.0 ton/unit. Selain truk, kedua pabrik gula menggunakan lori sebagai alat angkut. Pada dasarnya kedua Pabrik Gula menggunakan prinsip *First In First Served*.

Pelaksanaan Tebang muat Angkut PG Sindang Laut dan PG 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 tebu 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 90% truk dari total alat angkut dan sisanya 10% dengan menggunakan lori. PG Tersana Baru memiliki komposisi alat angkut, yaitu 83% truk dan 17% lori. Pengangkutan dengan menggunakan lori tersebut dilakukan untuk kebun-kebun yang masih terjangkau oleh rel-rel lori, atau kebun-kebun 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 maka 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

a. 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.

Sebagaimana diketahui, 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 untuk biaya perbaikan. Kotoran seperti tanah yang tidak larut akan mempersulit proses pemurnian sehingga sukar untuk mendapatkan nira jernih.

Kebersihan tebu dari unsur nontebu dapat diawali dengan kondisi 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

robok mencapai 1000 ha. Jelas hal tersebut dapat mengakibatkan penyusutan rendemen tebu karena tebu yang robok akan cepat mengalami kematian.

b. 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.

c. Tinggi Tebu

SOP untuk tinggi tunggak maksimal yang diperbolehkan adalah 5 cm. Pengamatan selama satu periode untuk PG Sindang Laut, persentasi tertinggi, yaitu sebesar 48% adalah tinggi tunggak antara 5-10 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 5-10 cm dan 5% dengan tinggi tunggak diatas 20 cm.

Berdasarkan pengamatan tersebut, kedua pabrik gula masih belum bisa mencapai tebang tandas/rata tanah yang maksimal. Hal tersebut menggambarkan kedua pabrik gula belum bisa 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 dengan 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 robok. Sistem pembayaran berdasarkan tonase (berat tebu). Kondisi kebun kotor mengakibatkan penebang memiliki produktivitas rendah.

Sistem 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 pereduksi.

Proses pemuatan dengan tenaga manusia memakan waktu antara 0.5-2 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 daripada 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 17.13%. 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 Uppal, 2003 dan Solomon *et al.*, 2007).

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 (Wood and Du Toit, 1972) dengan tingkat kehilangan gula dalam pasca panen sebelum pengolahan dapat bervariasi antara 5–25 % (Clarke dalam Mochtar *et al.*, 1988). Tebu setelah ditebang, maka 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 seolah-olah kualitas tebu 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.

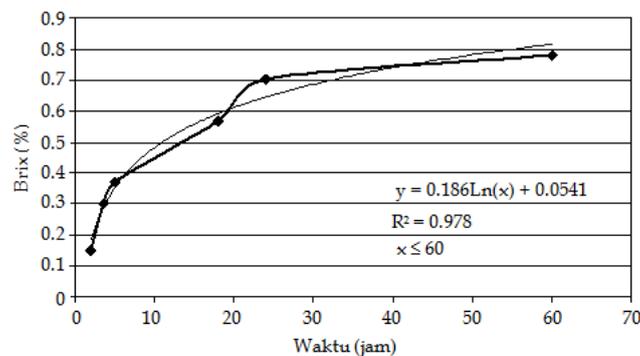
Sebenarnya hidrolisa (inversi) tetap berjalan terus dan ini terbukti dari meningkatnya kadar gula inversi. Ghasemnejad dan Jamshidi (2011) mengkuantifikasi pengaruh kerusakan mekanis (luka atau pecah) sangat besar.

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 logarithmic dengan nilai $R^2=0.978$ dan persamaan kurva $y = 0.186 \ln(x) + 0.0541$. variabel y merupakan nilai penyusutan briks dan x merupakan waktu siklus dengan satuan jam dengan batas nilai x kurang dari sama dengan 60 jam. Gambar 1 merupakan kurva penyusutan nilai briks terhadap waktu.

Penyusutan nilai pol juga memiliki pola kurva logaritmik dengan nilai $R^2=0.776$



Gambar 1. Kurva penyusutan nilai briks terhadap waktu

dan persamaan kurva $y = 0.388 \ln(x) + 0.037$. Variabel y merupakan nilai penyusutan pol dan x merupakan waktu siklus dengan satuan jam. Kedua persamaan tersebut memiliki batas x atau waktu kurang dari sama dengan 60 jam. Nilai R^2 tersebut mengindikasikan bahwa persamaan ini dapat digunakan untuk meramalkan penyusutan pol selama proses TMA (Santoso, 1999).

Rekomendasi Sistem Tebang Muat Angkut Pabrik Gula

Berdasarkan faktor penting dalam sistem tebang muat angkut, 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 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.

SIMPULAN

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 manual, telah sesuai dengan kondisi topografi dan *layout* kebun.

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 memiliki pola kurva logaritmik dengan nilai $R^2=0.978$ dan persamaan kurva $y = 0.186 \ln(x) + 0.054$. Variabel y merupakan nilai penyusutan briks dan x merupakan waktu siklus dengan satuan jam. Penyusutan nilai pol juga memiliki pola kurva logaritmik dengan nilai $R^2 = 0.776$ dan persamaan kurva $y = 0.388 \ln(x) + 0.037$. Variabel y merupakan nilai penyusutan pol dan x merupakan waktu siklus dengan

satuan jam dengan batas x kurang dari sama dengan 60 jam.

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 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.

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.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrady AL. 2000. Assesment of Biodegradability in Organic Polymers. dalam Hamid, S. H. (ed). *Handbook of Polymer Degradation*. Marcel Dekker inc., New York
- Bantacut T. 2010. Swasembada Gula: Prospek dan Strategi Pencapaiannya. *Pangan* 19(3): 245-256
- Ghasemnejad MHM and Jamshidi A. 2011. Forecast Model of Sugar Loss Due to Mechanical Harvesting of the sugarcane crop. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5(12): 1190-1194
- Hines WW, Montgomery DC, Rudiansyah (Penterjemah). 1990. Probabilita dan Statistik dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen, Edisi Ke-2. UI Press, Jakarta
- Jyoti SB, Uppal SK, Thind KS, and Batta SK. 2009. Post harvest quality deterioration in sugarcane under different environmental conditions. *Sugar Tech.* 11(2): 154-160

- Kulkarni VM and 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.* pp. 78
- Larrahondo JE, Briceño CO, Rojas M, and Palma AE. 2002. Postharvest sugar losses in sugar cane: varietal differences and effect of harvesting method *In Conference paper Advances in the chemistry and processing of beet and cane sugar: Proceedings of the 2002 Sugar Processing Research Conference held in New Orleans, Louisiana, USA, 10-13 March 2002* pp. 219-226
- Mochtar M, Nyoman K, Nurai dan 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, Gopalsundaram P, dan Mathew MD, and 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.* Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Saxena P, Srivastava, RP, Sharma, ML. 2010. Impact of cut to crush delay and bio-chemical changes in sugarcane. *Australian Journal of Crop Science* 4(9):692-699
- Siddhant R, Srivastava P, 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, Sawhani A, and 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* pp. 1513-1521
- Suman A, Solomon S, Yadav DV, Gaur A, and 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, and 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 and Du Toit JL. 1972. Deterioration Losses in Whole Stalk Sugarcane. *Proceedings of The South African Sugar Technologists' Association - June 1972*