

---

## KAJIAN PENERAPAN PRODUKSI BERSIH DI STASIUN GILINGAN PADA PROSES PRODUKSI GULA

---

Puspita Yuliandari<sup>1)</sup>, Anas M. Fauzi<sup>2)</sup>, Suprihatin<sup>3)</sup>, Ono Suparno<sup>4)</sup>  
[puspita\\_yuliandari@yahoo.com](mailto:puspita_yuliandari@yahoo.com)

---

### Penulis

**Puspita Yuliandari<sup>1)</sup>** adalah Dosen di Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian (STIPER) Dharma Wacana Metro, Lampung. Pendidikan terakhir ditempuh di Program Magister Teknologi Industri Pertanian Sekolah Pascasarjana IPB. Karya yang pernah penulis lakukan adalah Pengkualifkasian Buah berdasarkan Metode Pengolahan Citra (Penelitian Pengembangan Kreativitas Mahasiswa (PKM) dan Rancang Bangun Alat Semi Mekanis Pengupas Kulit Luar Buah Melinjo (Skripsi) di tahun 2004. **Anas M. Fauzi<sup>2)</sup>**, meraih gelar Ph.D di The University of Kent at Canterbury, Inggris. **Suprihatin<sup>3)</sup>**, meraih gelar Ph.D di Technische Universitat Clausthal, Jerman.

**Ono Suparno<sup>4)</sup>** meraih gelar Ph.D di University of Leicester, UK, Inggris. Ketiga penulis adalah dosen di Jurusan Teknologi Industri Pertanian (TIN), Fakultas Teknologi Pertanian, IPB dan Jurusan Teknologi Industri Pertanian Sekolah Pascasarjana IPB.  
Bidang peminatan: *Teknologi Pangan*

---

### Abstract

*The development of sugar industries in Indonesia is influenced by the capability of increasing sugar productivity every year. This increasing is important to handle problem that happened. One of the solutions of the problem, such as sugar loss and inefficiency energy was application of the cleaner production. PG. Tersana Baru have been doing efforts to minimize fuel consumption in milling station. This research objective were to design a processing improvement in milling station through cleaner production approach strategy in reducing sugar loss and increasing energy (steam and fuel) uses efficiency and to build a dynamic model on the influence of imbibitions water to water content of bagasse and sucrose content in milling station at PT. PG. Rajawali II Unit PG. Tersana Baru, West Java. The results of this research indicated a potency for application of a cleaner production approach in PG. Tersana Baru based data collected during 2007 milling season, of which the optimum of imbibitions water was 22.64 %. That condition was achieved in the 8<sup>th</sup> period of production with fuel energy consumption of 298,466 kcals/ton sugar cane. At this condition, there was possibility for annual energy consumption to be reached by 227,418 kcal/ton sugar cane or equivalent to Rp 764,184,666,153.00. The addition of water imbibitions at the milling process in the dynamic system simulation model was carried out at the interval of 21.20 – 35%. The results in water contents of bagasse of 49.21 – 62.74% and its sucrose contents of 0 – 5.18%.*

---

### Keywords

Cleaner Production Approach, Imbibitions Water, Efficiency Energy Consumption, Dynamic System Simulation Model

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Industri gula di Indonesia merupakan industri yang cukup strategis bagi pemerintah Indonesia, baik secara sosial, ekonomi maupun politik. Perkembangannya dari waktu ke waktu dipengaruhi oleh kemampuan pabrik-pabrik gula dalam meningkatkan produktivitas gula yang dihasilkan setiap tahunnya. Kejayaan Indonesia sebagai negara eksportir dan produsen gula pernah dialami pada awal abad ke-20. Akan tetapi, di tahun 1975, produktivitas gula mulai menurun. Penurunan dipengaruhi oleh berbagai kendala, diantaranya : kebijakan pemerintah yang memberatkan petani tebu, gagal panen yang sering terjadi, kondisi pabrik di Indonesia yang cukup tua, dan proses produksi gula yang tidak optimal sehingga menyebabkan kekurangan pasokan bahan baku.

Peningkatan produktivitas gula harus terus dilakukan agar dapat mengatasi kendala-kendala tersebut. Salah satu upaya untuk mengatasinya adalah dengan melakukan pembenahan secara menyeluruh, baik di bidang produksi maupun unit-unit operasi. Pembenahan di bidang produksi bertujuan untuk meminimalisasi kehilangan gula pada proses produksi sehingga nilai rendemen gula meningkat, sedangkan pembenahan pada unit-unit operasi bertujuan untuk mengurangi pemborosan energi (khususnya energi bahan bakar dan energi uap) pada proses produksi. Pembenahan dapat dilakukan melalui pendekatan produksi bersih yang sesuai. Menurut USAID (1997), produksi bersih merupakan suatu pendekatan yang mengarah pada peningkatan efisiensi proses produksi, perbaikan atau meningkatkan sistem operasi dan prosedur kerja. PG. Tersana Baru sebagai pabrik gula yang cukup tua terus melakukan berbagai upaya meminimalisasi limbah khususnya limbah ampas tebu yang dimanfaatkan menjadi bahan bakar stasiun ketel uap.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang perbaikan proses di stasiun gilingan melalui strategi pendekatan produksi bersih untuk mereduksi kehilangan gula dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi (uap dan bahan bakar) serta merancang model dinamik pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kadar air dan kadar sukrosa ampas tebu pada proses penggilingan di PT. PG. Rajawali II Unit PG. Tersana Baru, Jawa Barat.

### METODE PENELITIAN

Metode dasar yang digunakan dalam penelitian adalah metode *Quick Scan* yang dimodifikasi untuk memenuhi fungsi tujuan penelitian. Metode *Quick Scan* terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap pendugaan awal (tahap ini dilakukan kegiatan pengumpulan data sekunder kegiatan produksi di industri gula dan telaah pustaka relevan, beberapa tahapan yang dilakukan adalah membagi proses ke dalam satuan-satuan operasi dan menyusun diagram alir proses sesuai satuan operasi), tahap analisis (data pengamatan diperoleh dengan melakukan pengamatan secara langsung, wawancara dengan pihak-pihak yang terkait Pada tahap ini dilakukan analisis pada stasiun gilingan, faktor yang diteliti adalah pengaruh penambahan air imbibisi dan penggunaan energi (uap dan bahan bakar) yang digunakan di stasiun gilingan melalui neraca massa dan energi), serta tahap sistesis atau implementasi.

Penentuan parameter yang diukur meliputi : (a) Kadar sukrosa tebu, sukrosa nira mentah, dan sukrosa ampas tebu, (b) Kadar zat kering yang larut dalam air (brix) tebu, brix nira (mentah, encer, kental), brix ampas tebu, dan brix gula SHS, (c) Kadar zat kering yang tidak larut dengan air (serat) tebu dan serat ampas tebu, (d) Kadar kadar air tebu, nira mentah dan kadar air ampas tebu, dan (e) Kadar rendemen. Perhitungan Parameter yang dilakukan :

**a. Pol (Kadar Sukrosa)**

\*Tebu(ton):  $pol\ tebu = \frac{\% pol\ tebu}{Tebu} \times 100$  ..... (1)

\*Nira Mentah (ton) :  $pol\ Nira\ Mentah = \frac{\% pol\ Nira\ Mentah}{100} \times Nira\ Mentah$ .....(2)

\*AmpasTebu(ton) :  $pol\ Ampas\ Tebu = \frac{\% pol\ Ampas\ Tebu}{100} \times Ampas\ Tebu$  .....(3)

**b. Brix**

\* Tebu (ton) :  $brix\ tebu = \frac{\% brix\ tebu}{Tebu} \times 100$  ..... (4)

\* Nira Mentah (ton) :  $brix\ Nira\ Mentah = \frac{\% brix\ Nira\ Mentah}{100} \times Nira\ Mentah$ .....(5)

\* Ampas Tebu (ton) :  $brix\ Ampas\ Tebu = \frac{\% brix\ Ampas\ Tebu}{100} \times Ampas\ Tebu$ ..... (6)

**c. Serat**

\* Tebu (% ft) :  $\% ft = \frac{Ft}{Tebu} \times 100$  .....(7)

\* Ampas Tebu (% fa) :  $\% fa = \frac{Fa}{Tebu} \times 100$  .....(8)

**d. Kadar Air**

\* Tebu : % ka Tebu = 100 – (% brix Tebu + % Serat Tebu) ..... (9)

$ka\ Tebu = \frac{\% ka\ tebu}{100} \times Tebu$  .....(10)

\* Nira Mentah : % ka Nira Mentah = 100 – (% brix Nira Mentah) .....(11)

$ka\ Nira\ Mentah = \frac{\% ka\ Nira\ Mentah}{100} \times Nira\ Mentah$  ..... (12)

\* Ampas Tebu : % ka Ampas Tebu = 100– (% brix Ampas Tebu + % Serat Ampas Tebu) ..... (13)

$ka\ Ampas\ Tebu = \frac{\% ka\ Ampas\ Tebu}{100} \times Ampas\ Tebu$  ..... (14)

Setelah menentukan parameter yang diukur, kemudian dilakukan perhitungan terhadap masukan energi yang digunakan dengan memasukkan variabel-variabel pada persamaan yang telah dikonversikan dalam ton/hari. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut:

**a. Energi Bahan Bakar**

Jumlah energi yang digunakan untuk kegiatan proses produksi digunakan persamaan Anwar (1990) dalam Amri (1999) :

$Ebm = \sum \frac{Ki \times Neb(i)}{Jg}$  ..... (15)

Dimana :

Ebm = Energi Bahan Bakar pada kegiatan proses produksi (MJ/kg)

Ki = Konsumsi Bahan Bakar pada kegiatan proses produksi ke – i (ltr/jam)

Neb = Nilai kalor bahan Bakar (KJ/kg)

i = 1,2,3,....

Jg = Jumlah produksi gula (kg)

**b. Energi Uap pada Ketel Uap**

Energi yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar ampas tebu diperoleh melalui persamaan Hugot (1986) dalam Indrayana (2001) :

$NCV = 4.250 - 4.850w - 1.200s$  ..... (16)

Dimana :

w = Kadar Air Ampas Tebu

s = kadar sukrosa % Ampas Tebu

Tahapan Pemodelan Sistem Dinamik dalam penelitian ini mengacu pada model tahapan yang dikembangkan oleh Sterman (2000). Pemilihan tema dan identifikasi variabel kunci merupakan bagian dari perumusan masalah penelitian. Tahap ini merupakan tahapan penting agar permasalahan yang dikaji dan batasan-batasan sistemnya jelas. Tema yang dipilih adalah "Penilaian Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kinerja Mesin Gilingan di PG. Tersana Baru". Tujuan dari penilaian ini adalah untuk menelaah pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kadar air ampas tebu yang dihasilkan sehingga mempengaruhi kualitas ampas tebu untuk proses pembakaran. Selanjutnya menentukan variabel kunci sebagai parameter utama ukuran proses produksi gula optimum di PG. Tersana Baru.

Formulasi Model Simulasi menggunakan alat bantu program komputer Stella. Model simulasi harus lengkap dengan persamaan matematis yang benar, parameter dan penentuan kondisi nilai awal sehingga mudah untuk dijalankan. Hipotesis dinamis adalah suatu pernyataan mengenai struktur balik yang dianggap memiliki kemampuan untuk mempengaruhi perilaku masalah. Penentuan variabel atau parameter yang akan dijadikan *stock* (akumulasi) dan *flow* (aliran yang dapat mengubah nilai *stock*). Verifikasi dan Validasi Model adalah sebuah proses untuk meyakinkan bahwa program komputer yang dibuat beserta penerapannya adalah benar. Cara yang dilakukan adalah menguji sejauh mana program komputer yang dibuat telah menunjukkan perilaku dan respon yang sesuai dengan tujuan dari model (Schlesinger, et al. 1979 dalam Sargent, 1998).

Uji validitas teoretis artinya bahwa model yang dibangun valid karena didukung oleh teori yang diadopsi. Uji kondisi ekstrim, yaitu pengujian terhadap salah satu variabel yang dirubah nilainya secara ekstrim. Pemeriksaan konsistensi unit analisis keseluruhan interaksi dari unsur-unsur yang menyusun sistem dengan memeriksa persamaan Stella. Pemeriksaan konsistensi keluaran model untuk mengetahui sejauh mana kinerja model sesuai dengan kinerja sistem aslinya. Prosedurnya dengan mengeluarkan nilai hasil simulasi variabel utama dan membandingkan dengan pola perilaku data aktual. Uji statistik dilakukan setelah secara visual meyakinkan dengan mengecek nilai *error* antara data simulasi dan data aktual dalam batas penyimpangan yang diperkenankan antara 5-10%. Ukuran relatif untuk menentukan nilai *mean error* dari nilai *absolute percentage error* (APE) yang didefinisikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (25)$$

di mana  $X_t$  = nilai aktual dan  $F_t$  = nilai simulasi atau peramalan.

Sensitivitas berarti respon model terhadap stimulus yang ditujukan dengan perubahan atau kinerja model. Tujuan utama analisis ini adalah untuk mengetahui variabel keputusan yang cukup penting (*leverage point*) untuk ditelaah lebih lanjut pada aplikasi model. Metode umum yang digunakan adalah skenario terbaik-terburuk (Sterman, 2000). Jenis uji sensitivitas yang dilakukan pada penelitian ini berupa intervensi fungsional yaitu intervensi terhadap parameter tertentu atau kombinasinya. Intervensi ini setiap perubahan nilai parameter atau variabel (dinaikkan atau dikurangkan 10%) akan memperlihatkan kinerja model yang berbeda terhadap nilai parameter utama.

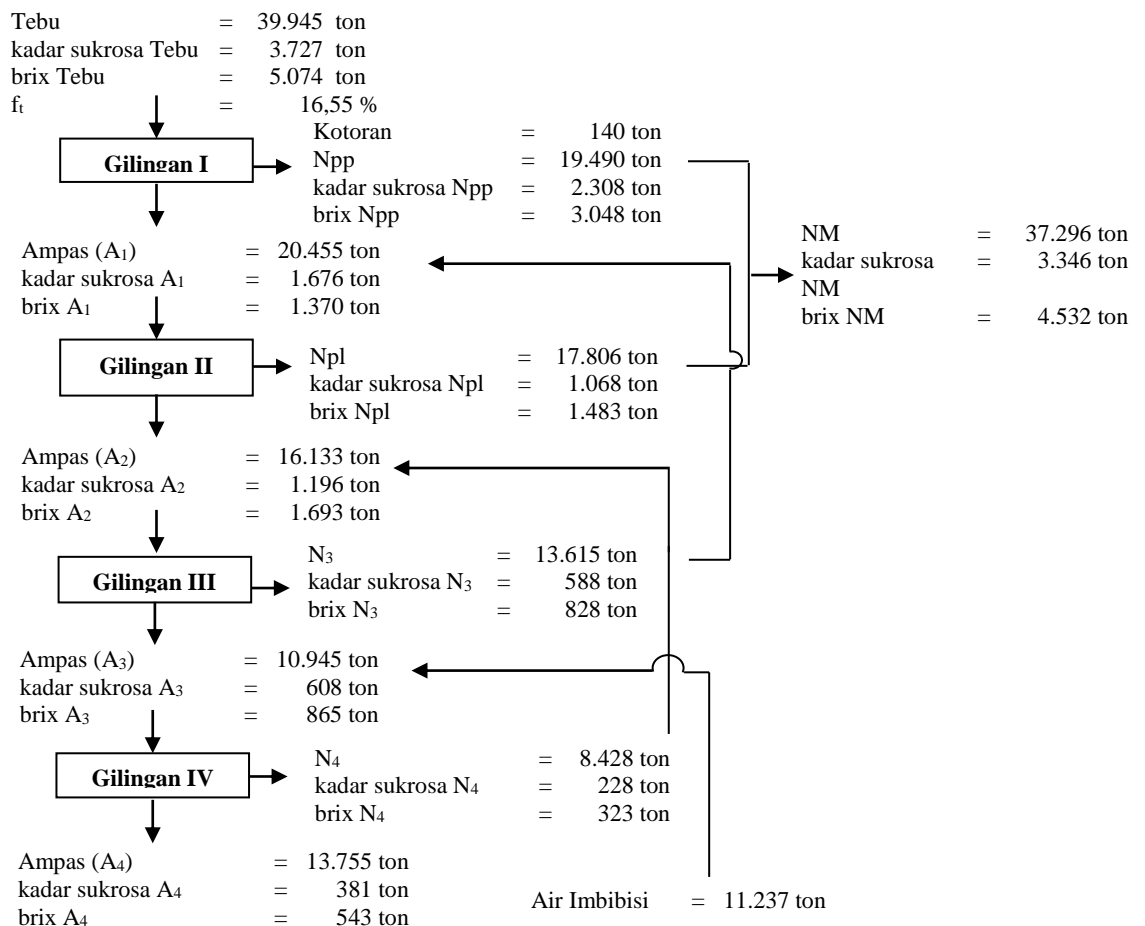
Analisis perhitungan menggunakan *Microsoft Office Excel 2003* dan model dinamik menggunakan analisis simulasi Sistem Dinamik yang diolah menggunakan software *Stella versi 8.0*. Kegiatan pengumpulan data di lapangan dilaksanakan pada bulan November 2007 di PG. Tersana Baru, kemudian dilanjutkan dengan analisis data primer dan sekunder hingga penyusunan tesis pada bulan Desember 2007 sampai dengan Maret 2008.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, neraca massa gilingan di PG. Tersana Baru musim giling 2007 dapat dilihat pada Gambar 2. Penambahan air imbibisi harus dilakukan secara optimal agar kualitas nira yang dihasilkan menjadi baik dan kehilangan gula dalam ampas tebu dapat dihindari.

### Peluang Pendekatan Produksi Bersih

Peluang pendekatan produksi bersih dilakukan dengan pengoptimalan penambahan air imbibisi terhadap konsumsi energi proses produksi. Perhitungan konsumsi energi dilakukan pada setiap periode musim giling tahun 2007. Pengoptimalan dihasilkan dari selisih konsumsi energi tiap periode dengan konsumsi energi terendah, sehingga didapatkan nilai penghematan konsumsi energi. Penentuan nilai penghematan konsumsi energi bahan bakar dalam rupiah adalah konversi kkal/ton tebu menjadi Rp./tahun. Satu kg uap sama dengan 553 kkal (PG. Tersana Baru, 2007) atau 1,043 liter IDO, dan satu liter IDO sama dengan Rp. 4.538,00 (BUMN dan BPK *Online*, 2007). Hubungan antara air imbibisi dengan konsumsi energi per periode, nilai penghematan konsumsi energi dalam kkal/ton tebu, dan nilai penghematan energi (Rp./tahun) dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Neraca Massa Stasiun Gilingan PG. Tersana Baru Musim Giling 2007

Tabel 1. Hubungan antara Air Imbibisi, Konsumsi Energi, dan Nilai Penghematan Konsumsi Energi

Periode	Air Imbibisi %	Konsumsi Energi Bahan Bakar (kkal/ton tebu)	Nilai Indikasi Penghematan (kkal/ton tebu)	Nilai Indikasi Penghematan (Rp./tahun*)
1	27,41	381.637	83.171	279.474.936.568
2	28,13	325.164	26.698	89.712.372.295
3	23,44	317.807	19.341	64.991.750.461
4	23,47	320.419	21.953	73.766.604.222
5	23,92	317.546	19.080	64.114.916.710
6	24,22	315.398	16.932	56.895.008.863
7	23,08	305.517	7.051	23.693.739.135
<b>8</b>	<b>22,64</b>	<b>298.466</b>	-	-
9	22,19	313.434	14.968	50.297.589.747
10	23,42	316.690	18.224	61.237.748.151
<b>Total</b>		<b>3.212.078</b>	<b>227.418</b>	<b>764.184.666.153</b>

\*) Rumus : kkal/ton tebu x 392.598 ton tebu/tahun x 1 kg uap/553 kkal x 1,043 ltr IDO/1 kg uap x Rp. 4.538,00/1 liter IDO

Tabel 1 menunjukkan bahwa total indikasi penghematan energi bahan bakar selama proses produksi di PG. Tersana Baru adalah sebesar 3.212.078 kkal/ton tebu atau senilai dengan Rp. 764.184.666.153,00/tahun. Konsumsi energi bahan bakar tertinggi adalah sebesar 381.637 kkal/kg tebu dan konsumsi energi bahan bakar optimum adalah sebesar 298.466 kkal/ton tebu. Pada periode ke-VIII penggunaan energi untuk mengoperasikan mesin-mesin produksi dalam kondisi normal. Artinya, ampas tebu dan IDO yang digunakan sesuai dengan kebutuhan produksi.

Konsumsi energi bahan bakar terendah dijadikan sebagai titik penentu peluang pengoptimalan penambahan air imbibisi. Pada konsumsi energi tersebut, dapat diketahui, nilai penambahan air imbibisi yang optimal adalah sebesar 22,64%. Pengoptimalan ini akan mempengaruhi kualitas ampas tebu yang dihasilkan. Ampas tebu yang berkualitas adalah ampas tebu yang mengandung kadar air rendah dan kadar sukrosa yang rendah. Dari data limabelasharian musim giling tahun 2007 di PG. Tersana Baru, nilai persentase kadar air ampas tebu yang dihasilkan berkisar 50,04% - 52,01% dan persentase kadar sukrosa ampas tebu yang dihasilkan berkisar 2,27% - 2,90%. Kisaran yang dihasilkan masih berada pada nilai ambang batas pada kadar air ampas tebu tidak boleh lebih dari 52% dan pada kadar sukrosa ampas tebu tidak boleh lebih dari 3 % (PG. Tersana Baru, 2006), sehingga ampas tebu yang dihasilkan selalu dapat digunakan untuk proses pembakaran di stasiun ketel uap.

Pengoptimalan penambahan air imbibisi juga sangat mempengaruhi biaya penggunaan IDO dan kehilangan gula dalam ampas tebu. Berdasarkan data limabelasharian musim giling tahun 2007 di PG. Tersana Baru, penggunaan IDO selama musim giling 2007 adalah sebesar 1.007 ton IDO atau senilai 612.868 kkal/kg gula. Penghematan penggunaan energi bahan bakar sangat mempengaruhi besarnya biaya IDO yang dikeluarkan untuk energi bahan bakar. Biaya energi terbesar dikeluarkan untuk pembelian IDO sebagai bahan bakar tambahan. Harga IDO (BUMN *Online*, 2007) adalah sebesar Rp. 4.538,00/liter IDO. Sedangkan selama musim giling tahun 2007, gula yang hilang dalam ampas tebu adalah sebesar 3.305 ton gula. Harga gula berdasarkan harga dasar gula (Deperindag, 2008) adalah sebesar Rp. 4.900,00/kg gula. Tabel air imbibisi (%), penggunaan IDO (Rp./kg tebu), gula yang hilang dalam ampas tebu (ton) dan (Rp./ton tebu) dapat dilihat pada Tabel 2.

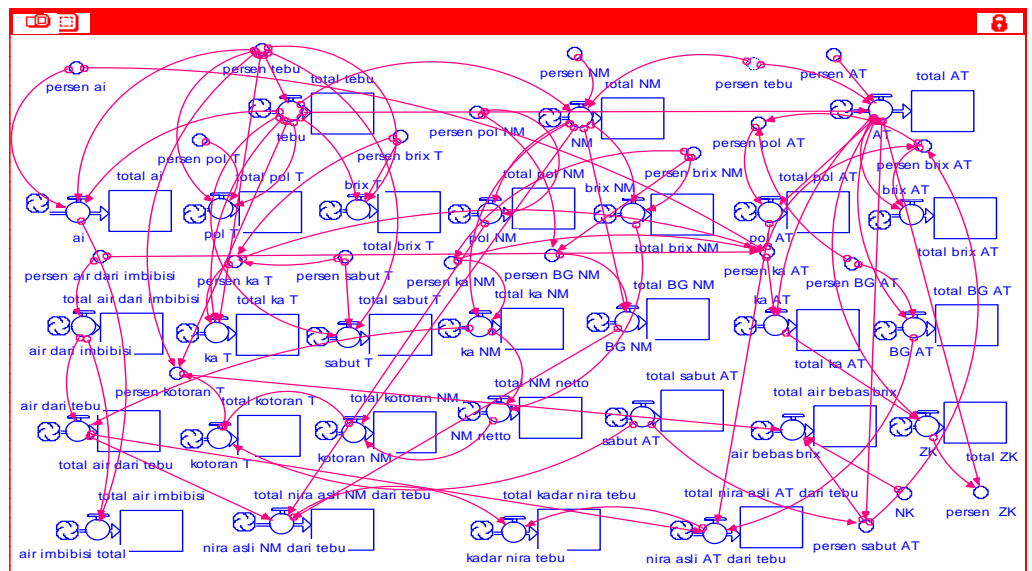
Tabel 2. Hubungan Air Imbibisi, Penggunaan IDO, dan Gula yang Hilang dalam Ampas Tebu

Periode	Air Imbibisi %	Penggunaan IDO (ton)	Gula dalam ampas tebu (ton)	Biaya Penggunaan IDO (Rp./ton tebu)	Nilai Gula dalam ampas tebu (Rp. /ton tebu)
1	27,41	436	231	3.415.353.410	18.733.046.903
2	28,13	58	377	268.910.866	18.095.433.344
3	23,44	88	335	431.941.261	17.022.921.907
4	23,47	54	395	227.398.440	17.220.196.229
5	23,92	16	375	67.384.806	16.350.105.129
6	24,22	36	395	141.697.099	16.095.439.283
7	23,08	78	316	365.349.998	15.323.178.796
<b>8</b>	<b>22,64</b>	<b>55</b>	<b>341</b>	<b>233.695.889</b>	<b>14.999.957.955</b>
9	22,19	83	220	520.407.617	14.280.240.208
10	23,42	103	319	437.426.904	14.025.108.483
<b>Total</b>		<b>1.007</b>	<b>3.305</b>	<b>6.109.566.290</b>	<b>162.145.628.238</b>

**Simulasi Model Sistem Dinamik (SD)**

Simulasi model dilakukan dengan penentuan waktu selama limabelas hari atau satu periode penggilingan. Dasar perhitungan pemodelan adalah presentase indikator kinerja persentase penambahan air imbibisi terhadap jumlah tebu tergiling, persentase nira mentah yang dihasilkan, dan persentase jumlah ampas tebu yang dihasilkan.

Model SD proses penggilingan dipengaruhi model SD penggunaan energi PG Tersana Baru. Model ini merupakan model SD proses produksi gula PG. Tersana Baru yang dimodifikasi dengan penambahan model SD penggunaan energi. Tujuan dari perubahan di stasiun gilingan adalah agar dapat mengetahui pengaruh penggunaan ampas tebu dan IDO sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi proses produksi gula. Persamaan reaksi dilakukan sesuai dengan neraca massa dan neraca energi. Model SD perubahan stasiun gilingan dapat dilihat dalam Gambar 4.



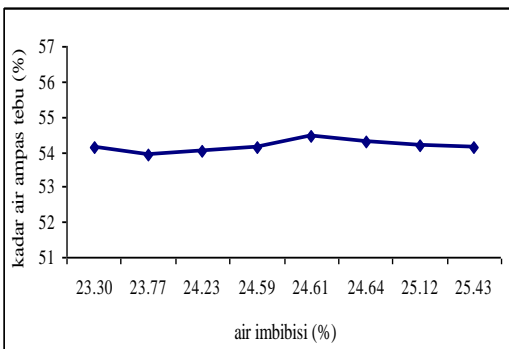
Gambar 4. Model SD Stasiun Gilingan Pengaruh Penambahan Air Imbibisi di PG. Tersana Baru

**Pengujian Model**

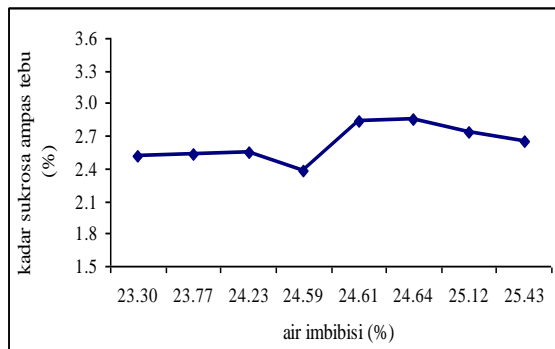
Proses verifikasi model sistem dinamik pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kinerja mesin gilingan di PG. Tersana Baru menggunakan beberapa cara. Pertama, pengecekan hubungan antar variabel dan parameter sehingga terjadi konsistensi hubungan yang logis. Jika terdapat hubungan yang tidak logis atau tidak benar antar variabel, Stella versi 8.0 akan memberikan simbol "#" pada jalur yang menghubungkan variabel tersebut agar hubungan tersebut diperbaiki. Kedua, pengecekan unit analisis variabel atau parameter agar konsisten. Stella versi 8.0 akan memberikan tanda "?" yang artinya persamaan tersebut masih belum konsisten unit analisis yang digunakannya. Ketiga, pengecekan perilaku model dinamik kinerja pada variabel kunci. Model dinamik pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kinerja mesin gilingan di PG. Tersana Baru telah berhasil melakukan sebuah proses simulasi kajian model dunia abstrak mengikuti perilaku realitas dunia nyata yang dikaji. Pola perilakunya adalah pertumbuhan eksponensial. Dengan demikian, program komputer yang dibuat beserta penerapannya adalah benar dan telah menunjukkan perilaku dan respon yang sesuai dengan tujuan model. Proses verifikasi model sistem dinamik pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kinerja mesin gilingan di PG. Tersana Baru telah memenuhi prosedur verifikasi mengacu pada Schlesinger, *et al.* (1979) dalam Sargent (1998).

Rujukan teori untuk membangun sistem model dinamik pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kinerja mesin gilingan di PG. Tersana Baru adalah dari model umum yang didasarkan pada proses produksi gula di PG. Tersana Baru. Pembuatan model disesuaikan dengan neraca massa proses penggilingan di stasiun gilingan PG. Tersana Baru. Neraca massa dilakukan pada setiap unit penggilingan.

Kondisi ekstrim untuk mengetahui, bahwa model yang dibangun tangguh dalam menghadapi kemungkinan perubahan ekstrim nilai parameter di dunia nyata. Kadar air ampas tebu dan kadar sukrosa ampas tebu pada proses produksi gula diasumsikan naik sebesar 5%, karena dipengaruhi oleh peningkatan persentase air imbibisi. Grafik yang menunjukkan peningkatan kadar air ampas tebu dan konsumsi energi yang diasumsikan naik 5 % pada saat proses produksi gula dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 dalam kondisi normal.



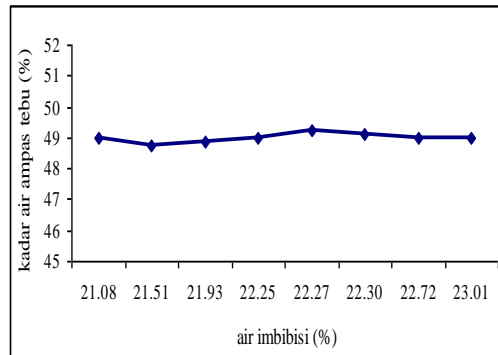
Gambar 5. Peningkatan Kadar Air Ampas Tebu akibat Peningkatan Air Imbibisi di PG. Tersana Baru



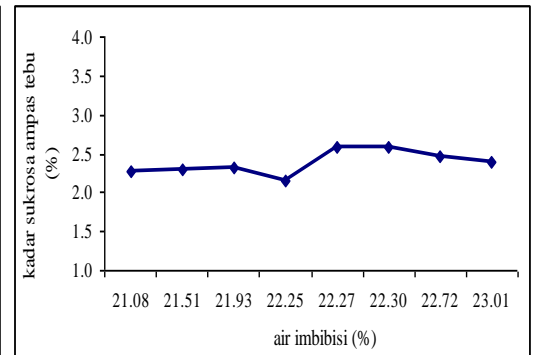
Gambar 6. Peningkatan Kadar Sukrosa Ampas Tebu akibat Peningkatan Air Imbibisi di PG. Tersana Baru

Jika produksi gula diperkirakan mendekati kerugian akibat kondisi yang tidak diinginkan, maka kadar air ampas tebu dan kadar sukrosa ampas tebu akan mengalami penurunan signifikan sebanyak 5% dari nilai produksi gula normal Gambar 7. dan Gambar 8.





Gambar 7. Penurunan Kadar Air Ampas Tebu Akibat Penurunan Air Imbibisi di PG. Tersana Baru



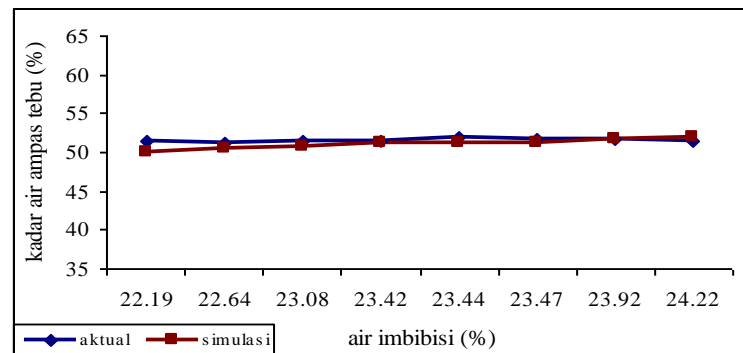
Gambar 8. Penurunan Kadar Sukrosa Ampas Tebu Akibat Penurunan Air Imbibisi di PG. Tersana Baru

Berdasarkan uji kondisi ekstrim di atas, secara visual dapat dilihat bahwa model memperlihatkan pola yang tidak berlawanan dan sesuai dengan model dasar dunia nyata. Syarat model harus handal pada kondisi ekstrim telah terpenuhi.

### Kesesuaian Hasil Keluaran

Pengujian konsistensi hasil keluaran dengan membandingkan data hasil simulasi dan data aktual berdasarkan *average percent error* (APE) dan nilai tengah (*mean*) APE. Parameter utama yang diuji adalah persentase penambahan air imbibisi dan biaya bahan bakar.

Validasi pengaruh penambahan air imbibisi antara data aktual dan simulasi seperti digambarkan pada Gambar 9. dan diuraikan pada Tabel 17. Hasil perhitungan nilai MAPE diperoleh nilai sebesar 0,01%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai selisih data aktual dan simulasi masih dalam kisaran nilai yang diperkenankan di bawah 10%.



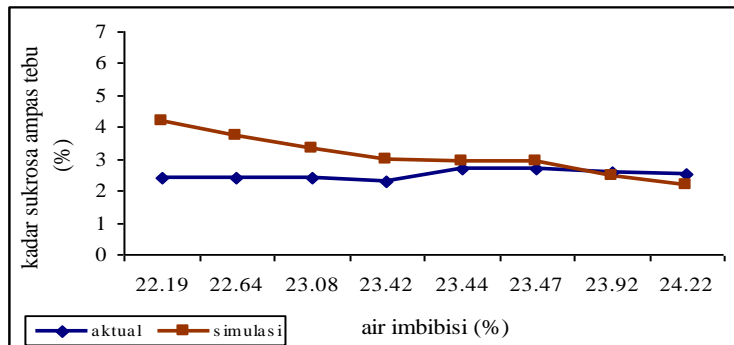
Gambar 9. Validasi Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Air Ampas Tebu di PG. Tersana Baru

Tabel 3. Hasil Validasi Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Air Ampas Tebu di PG. Tersana Baru

Air Imbibisi (%)	Kadar Air Ampas Tebu (%)		APE (%)
	Aktual	Simulasi	
22,19	51,47	49,93	0,03
22,64	51,33	50,38	0,02
23,08	51,45	50,82	0,01
23,42	51,57	51,16	0,01
23,44	51,84	51,18	0,01
23,47	51,69	51,21	0,01
23,92	51,59	51,66	0,00
24,22	51,54	51,96	0,01

Validasi pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kadar sukrosa ampas tebu antara data aktual dan simulasi seperti digambarkan pada

Gambar 28 dan diuraikan pada Tabel 4. Hasil perhitungan nilai MAPE diperoleh nilai sebesar 0,21%. Hasil ini menunjukkan bahwa persen selisih data aktual dan simulasi masih dalam kisaran nilai yang diperkenankan di bawah 10%.



Gambar 10. Validasi Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Sukrosa Ampas Tebu di PG. Tersana Baru

Tabel 4. Hasil Validasi Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar sukrosa Ampas Tebu di PG. Tersana Baru

Air Imbibisi (%)	Kadar sukrosa Ampas Tebu (%)		APE (%)
	Aktual	Simulasi	
22,19	2,39	4,19	0,43
22,64	2,42	3,74	0,35
23,08	2,43	3,30	0,26
23,42	2,27	2,96	0,23
23,44	2,71	2,94	0,08
23,47	2,72	2,91	0,07
23,92	2,60	2,46	0,06
24,22	2,53	2,16	0,17

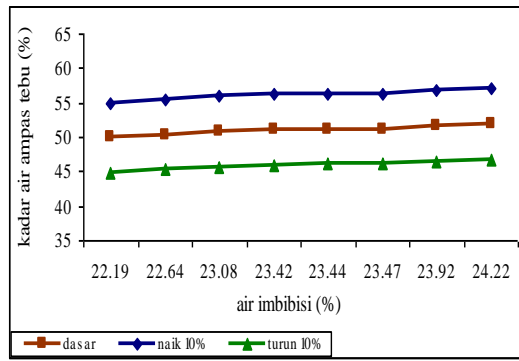
Kesimpulan pengujian kesesuaian adalah persentase penambahan air imbibisi dan penghematan biaya bahan bakar dengan data sesungguhnya telah konsisten dan valid secara statistik berdasarkan perilaku yang dihasilkannya.

**Sensitivitas**

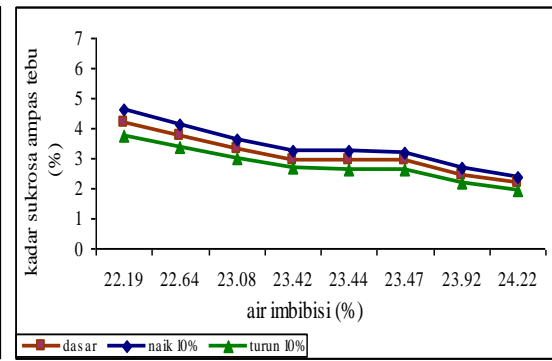
Uji sensitivitas model dinamik pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kadar air ampas tebu dan konsumsi energi ampas bakar menggunakan parameter jumlah ampas tebu dan jumlah nira mentah yang berpengaruh tinggi. Metode yang digunakan adalah skenario terbaik-terburuk (Sterman, 2000). Setiap perubahan parameter, dalam hal ini dinaikkan (diturunkan) sebesar 10% dari nilai parameter dasar akan dilihat responnya terhadap perubahan parameter utama.

Skenario terbaik yang mungkin terjadi diasumsikan, bahwa parameter jumlah ampas tebu dan jumlah nira mentah yang dihasilkan naik sebesar 10% dari kapasitas tebu tergiling. Skenario terburuk yang mungkin terjadi diasumsikan, bahwa parameter parameter jumlah ampas tebu dan jumlah nira mentah yang dihasilkan turun sebesar 10% dari nilai kapasitas tebu tergiling.

Berdasarkan uji sensitivitas model terlihat, bahwa parameter yang di uji tersebut sensitif mempengaruhi dinamika parameter utama kadar air ampas tebu dan konsumsi energi ampas bakar dengan menghasilkan akibat terbaik dan terburuk Gambar 11 dan Gambar 12.



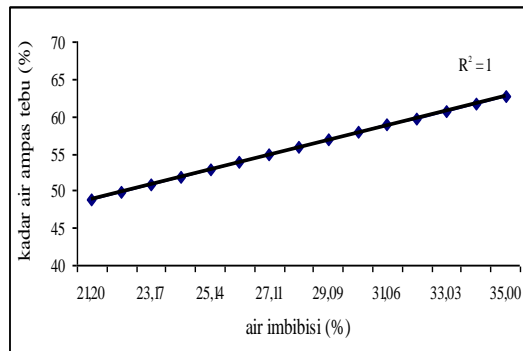
Gambar 11. Dinamika Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Air Ampas Tebu Akibat Perubahan Parameter Sensitif



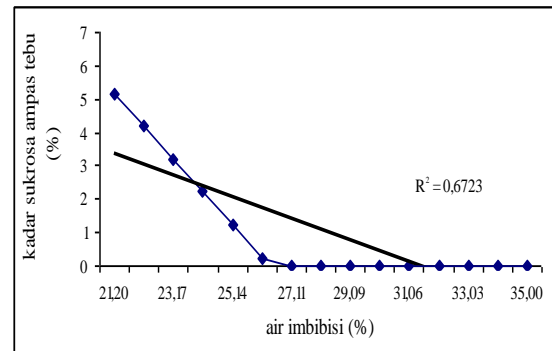
Gambar 12. Dinamika Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Sukrosa Ampas Tebu Akibat Perubahan Parameter Sensitif

**Hasil Simulasi Pemodelan**

Nilai indikator kinerja standar, tebu tergiling sebanyak 2.951,87 ton/hari, nira mentah sekitar 91,03 % dan bahan ampas tebu sekitar 32,82%. Simulasi dilakukan sebanyak limabelas parameter penambahan air imbibisi yaitu sebesar 21,20%, 22,19%, 23,17%, 24,16%, 25,14%, 26,13%, 27,11%, 28,10%, 29,09%, 30,07%, 31,06%, 32,04%, 33,03%, 34,01%, dan 35,00%. Hasil simulasi pemodelan diharapkan dapat mencari titik optimum penambahan air imbibisi yang akan mempengaruhi kadar air ampas tebu dan kadar sukrosa ampas tebu yang dihasilkan, sehingga dengan pemodelan ini, PG. Tersana Baru dapat memperkirakan seberapa besar presentase air yang diberikan pada proses produksi gula setiap harinya, sehingga kehilangan gula yang dikhawatirkan dapat diminimalisasi atau dihilangkan. Simulasi ini, disesuaikan dengan data hasil perhitungan dari data laporan limabelasharian PG. Tersana Baru periode giling 2007. Gambar yang menunjukkan Hubungan antara pengaruh air imbibisi dasar terhadap kadar air ampas tebu yang disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 13 dan Hubungan antara pengaruh air imbibisi dasar terhadap kadar sukrosa ampas tebu yang disimulasikan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13. Hubungan Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Air Ampas Tebu yang disimulasikan



Gambar 14. Hubungan Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Sukrosa Ampas Tebu yang disimulasikan Sensitif

Dari Gambar 13 dapat disimpulkan bahwa penambahan air imbibisi sangat mempengaruhi kadar air ampas tebu yang dihasilkan dan dari Gambar 14 dapat disimpulkan bahwa penambahan air imbibisi sangat mempengaruhi kadar sukrosa ampas tebu yang dihasilkan. Tabel hasil hubungan pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kadar air ampas tebu dan kadar sukrosa ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, dapat diketahui bahwa hasil model simulasi sistem dinamik pengaruh penambahan air imbibisi terhadap sistem kinerja mesin gilingan di stasiun gilingan PG. Tersana Baru pada titik

maksimum penambahan air imbibisi sebesar 24,16% menghasilkan kadar air ampas tebu sebesar 51,90% dan kadar sukrosa sebesar 2,22%.

Tabel 5. Hasil Hubungan Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar Air Ampas Tebu yang disimulasikan

No.	Air Imbibisi (%)	KA Ampas Tebu (%)
1	21,20	48,94
2	22,19	49,92
3	23,17	50,91
4	24,16	51,90
5	25,14	52,88
6	26,13	53,87
7	27,11	54,85
8	28,10	55,84
9	29,09	56,82
10	30,07	57,81
11	31,06	58,80
12	32,04	59,78
13	33,03	60,77
14	34,01	61,75
15	35,00	62,74

Tabel 6. Hasil Hubungan Pengaruh Penambahan Air Imbibisi terhadap Kadar sukrosa Ampas Tebu yang disimulasikan

No.	Air Imbibisi (%)	Kadar sukrosa Ampas Tebu (%)
1	21,20	5,18
2	22,19	4,19
3	23,17	3,21
4	24,16	2,22
5	25,14	1,23
6	26,13	0,25
7	27,11	0
8	28,10	0
9	29,09	0
10	30,07	0
11	31,06	0
12	32,04	0
13	33,03	0
14	34,01	0
15	35,00	0

## SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan perbaikan proses penggilingan di stasiun gilingan dapat dilakukan dengan mengatur penambahan air imbibisi sebesar 22,64% untuk setiap proses penggilingan sehingga peluang penerapan produksi bersih dapat tercapai pada periode ke-VIII musim giling tahun 2007. Rancangan konsumsi ampas tebu dan IDO yang optimum dapat dihasilkan sebesar 4.651.698 kkal/ton gula atau sebesar 297.297 kkal/ton tebu dan sebesar 18.278 kkal/ton gula atau sebesar 1.168 kkal/ton tebu, sehingga menghasilkan konsumsi energi bahan bakar sebesar 298.466 kkal/ton tebu. Penghematan konsumsi energi bahan bakar sebesar 227.418 kkal/ton tebu atau sebesar Rp. 764.184.666.153,00/tahun, dapat terjadi apabila semua proses penggilingan dapat dilakukan selama satu musim giling. Simulasi Model Sistem Dinamik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan air imbibisi terhadap kadar air ampas tebu dan

kadar sukrosa ampas tebu. Penambahan air imbibisi dilakukan pada interval 21,20 - 35%, menghasilkan kisaran kadar air ampas tebu antara 49,21% - 62,74% dan kisaran kadar sukrosa ampas tebu antara 0 % - 5,18%. Hasil dari pemodelan menunjukkan bahwa penambahan air imbibisi sebesar 24,16%, menghasilkan titik maksimum kadar air ampas tebu sebesar 51,90% dan kadar sukrosa sebesar 2,22%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amri H.S. 1999. Audit Energi CPO (Crude Palm Oil) di Pabrik Kela Sawit (PKS) Kertajaya PTP. Nusantara VIII Banten Selatan. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Fateta – IPB. Bogor. Skripsi
- BUMN-RI. 2007. Sulit Tetapkan HDG. <http://www.bumn-ri.com>
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan. 2008. Harga Dasar Gula. <http://www.dprin.go.id>. 18 Juni 2008
- Indrayana. 2001. Analisis Kebutuhan Energi pada Proses Produksi Gula di PT. PG. Rajawali II Unit PG. Jatitujuh. Fateta – IPB. Bogor. Skripsi
- PG. Tersana Baru. 2006. Materi Management Trainee Angkatan VII. RNI. Jakarta
- PG. Tersana Baru. 2007. Laporan Pabrik Lima Belas Harian Tahun Giling 2007. PT. PG. Rajawali II PG. Tersana Baru. Cirebon
- Sargent RG. 1998. Verification and Validation of Simulation Models. Proceeding of 1998 Winter Simulation Conference. hlm. 121-130
- Sterman JD. 2000. Business Dynamics : System Thinking and Modeling for a Complex World. Boston : Irwin McGraw-Hill
- USAID. 1997. Panduan Pengintegrasian Produksi Bersih ke dalam Penyusunan Program Kegiatan Pembangunan. Jakarta - Deperindag