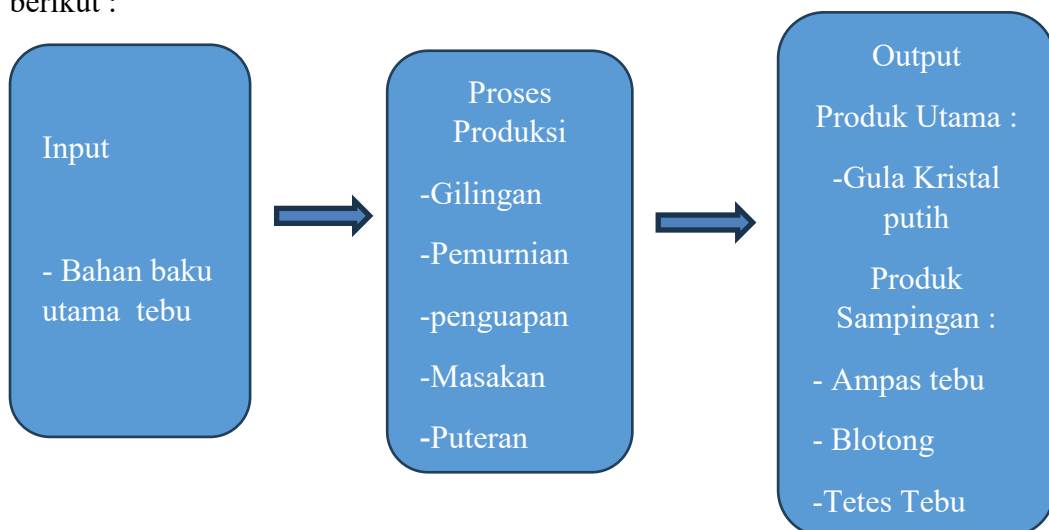


V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengelolaan Limbah *By-Products* PG Candi Baru Sidoarjo

Pengelolaan limbah adalah pengumpulan, pengangkutan, pemrosesan, pendaur-ulangan atau pembuangan dari material sampah. Pernyataan ini biasanya mengacu pada material limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia, dan biasanya dikelola untuk mengurangi dampaknya terhadap kesehatan, lingkungan atau keindahan. Pengelolaan limbah juga dilakukan untuk memulihkan sumber daya alam. Pengelolaan limbah bisa melibatkan zat padat, cair, gas atau radioaktif dengan metoda dan keahlian khusus untuk masing-masing jenis zat.

Menurut Siregar *et al.* (2014) *by-products* merupakan hasil sampingan dari proses produksi *main product*. Suatu proses produksi akan dimulai dari suatu bahan baku yang sama sampai dengan dicapainya suatu titik tertentu dalam proses produksi. Titik tertentu ini disebut dengan titik pemisahan yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan memisahkan produk. Pelaksanaan pengelolaan *by-products* di PG Candi Baru Sidoarjo meliputi input, proses produksi, dan output sebagai berikut :



Gambar 5. 1 Proses Produksi *By-Products* PG Candi Baru Sidoarjo

5.1.1 Input

Input dalam ilmu ekonomi adalah pemasukan dan pengumpulan bahan baku untuk memproduksi suatu barang atau jasa. Input dapat terdiri dari faktor-faktor produksi. faktor faktor yang mempengaruhi produksi yaitu bahan baku, modal, tenaga kerja, dan teknologi mesin yang digunakan. Banyak sekali yang dapat dilakukan untuk meningkatkan jumlah produksi suatu barang pada perusahaan. Mengetahui kapasitas produksi merupakan hal yang penting bagi perusahaan untuk proses produksi tetap berjalan dengan baik.

Bahan baku utama untuk proses pengelolaan by-products adalah tebu. Perusahaan mengedepankan kualitas terbaik dengan menggunakan tebu dengan kualitas baik. bahan baku merupakan elemen penting untuk suatu produksi suatu barang yang menghasilkan barang jadi, yang kemudian dapat memenuhi permintaan konsumen. Apabila terjadi penurunan dalam persediaan bahan baku, maka tingkat harga bahan baku akan mengalami kenaikan dan akan berdampak pada meningkatnya permintaan konsumen.

PT. Pabrik Gula Candi Baru Sidoarjo merupakan salah satu industri yang bergerak di bidang *agriculture* dengan memanfaatkan tebu sebagai bahan baku dan menghasilkan gula sebagai bahan jadi. Produk primer dari industri ini berupa Gula Kristal Putih (GKP). GKP sangat dipengaruhi oleh tebu yang digunakan selama proses produksi. Tebu yang lebih bersih, dengan sedikit kotoran, batang, atau impuritas lainnya, cenderung menghasilkan GKP yang lebih murni. Serat atau materi yang tidak diinginkan dapat mempengaruhi warna, kejernihan, dan rasa GKP. Apabila tebu yang digunakan berkualitas tinggi dan sesuai standar mutu yang ditentukan maka GKP yang dihasilkan akan berkualitas tinggi juga.

Kualitas tebu dapat memberikan dampak langsung pada hasil akhir gula. Pemantauan dan control kualitas tebu biasanya dilakukan di pabrik gula untuk memastikan bahwa hanya tebu berkualitas tinggi yang digunakan dalam proses produksi.

Bahan baku yang masuk ke PG Candi Baru yakni berasal dari berbagai sumber yaitu Tebu Sendiri (TS) yakni perkebunan tebu yang dikelola sendiri oleh pihak pabrik. Tebu Rakyat Kemitraan (TRK) merupakan perkebunan tebu milik petani yang menjalankan kerjasama dengan Pabrik Gula Candi menjadi pemasok tebu saat musim giling., dan Tebu Rakyat Mandiri (TRM). perkebunan tebu milik petani yang tidak menjalankan kerjasama dengan Pabrik Gula Candi. Pembelian bahan baku Tebu Rakyat Mandiri (TRM) dilakukan saat kebutuhan bahan baku yang diperlukan perusahaan jika adanya kekurangan bahan baku.

Tabel 5. 1 Realisasi Giling PG Candi Baru Sidoarjo Tahun 2019-2023

No.	Uraian	Realisasi				
		2019	2020	2021	2022	2023
1.	Jumlah Tebu					
	TS (Ton)	53.883,60	55.648	47.764,2	41.638,70	49.150,8
	TRK (Ton)	264.624,4	253.964,1	225.892,2	225.403,3	252.850,4
	TRM (Ton)	140.741,9	472.900	103.768,6	105.00	110.010
	Jumlah	459.249,9	332.261,3	407.425	402.087	421.011,2
2	Produktivitas Tebu					
	TS (Ton/Ha)	96,6	83,5	76,1	88,9	76,5
	TRK (Ton/Ha)	61,8	77,3	75	77,1	69,1
	TRM (Ton/Ha)	82,5	87,3	83,1	78,6	72,5
3	Rendemen (%)	7,95	6,68	7,00	6,45	7,49
4	Gula Hasil (Ton)	30.000,3	22.200	24.071,1	27.084,0	30.871,4

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Realisasi giling merupakan jumlah tebu yang benar-benar digiling atau diproses di pabrik gula dalam periode waktu tertentu. PT. PG Candi Baru Sidoarjo melakukan masa giling selama kurang lebih 150 hari terhitung dari Mei sampai

November dengan luas lahan tebu keseluruhan kurang lebih 5.000 Hektar dan kapasitas giling kurang lebih 2.750 TCD (*Tone cane Day*). Realisasi giling diukur dalam satuan ton tebu. PG Candi Baru pada 5 tahun terakhir dari 2019 sampai 2023 mengalami fluktuasi untuk gula yang dihasilkan. Berdasarkan data pada tabel peningkatan hasil gula yang paling tinggi pada tahun 2023 yaitu 30.871,4 Ton dengan jumlah tebu 412.011,2 Ton dan yang terendah yaitu pada tahun 2020 sebanyak 22.200 Ton dengan jumlah tebu 332.261,3 Ton. Artinya, PG Candi Baru tidak selalu konstan naik tiap tahunnya untuk pasokan bahan baku dan produksi gula yang dihasilkan. Penting untuk memonitor realisasi giling sebagai bagian dari manajemen operasional di industri gula guna memastikan efisiensi produksi yang optimal. Dengan pemantauan yang baik, perusahaan dapat meningkatkan control terhadap proses produksi, mengoptimalkan efisiensi, dan mencapai hasil yang optimal sesuai dengan target produksi dan standar kualitas yang ditetapkan.

Perlunya menjaga kualitas bahan baku, maka perlu dilakukan kegiatan inventarisasi. Melalui inventarisasi, perusahaan dapat memantau ketersediaan stok bahan baku. Hal ini penting untuk memastikan bahwa bahan baku selalu tersedia dalam jumlah yang cukup untuk mendukung produksi yang berkelanjutan. Dengan memiliki inventarisasi kualitas, perusahaan dapat memilih bahan baku yang optimal untuk digunakan dalam proses produksi. Pemilihan yang baik dapat meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk akhir. Stok merupakan sesuatu yang sangat penting untuk kelangsungan proses produksi. Kelangsungan proses produksi tidak akan terganggu jika perusahaan dapat mengelola persediaan dengan baik. Pengendalian persediaan bahan baku mempengaruhi biaya penyimpanan dan mempengaruhi keuntungan yang akan diperoleh perusahaan.

Penetapan stok yang terlalu besar menyebabkan kerugian stok atau penyimpanan, jumlah stok yang terlalu kecil menghambat proses produksi. Sehingga hasil yang didapatkan tidak seperti yang diharapkan. Dengan melakukan inventarisasi kualitas secara teratur, perusahaan dapat mengoptimalkan penggunaan bahan baku, meningkatkan efisiensi, dan memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan.

5.1.2 Proses Produksi

Pada setiap stasiun produksi memiliki data input output berbeda beda pada setiap proses, berikut data input dan output setiap stasiun:

Tabel 5. 2 Data Input dan Output pada Setiap Stasiun Produksi

Data	Input	Output	Satuan	Proses
Tebu	412.011,2		Ton	St. Gilingan
Air Imbisi	217,98		Kg	St. Gilingan
Ampas Tebu		123.603,36	Ton	St. Gilingan
Nira Mentah	774,24		Kg	St. Gilingan
Flokulan (Accofloc A-110)	0,0029		Kg	St. Pemurnian
Kapur (Gamping)	0,96		Kg	St. Pemurnian
Belerang	0,33		Kg	St. Pemurnian
Asam Fosfat	0,059		Kg	St. Pemurnian
Blotong		15.656.425	Ton	St. Pemurnian
Nira Encer	598,68		Kg	St. Pemurnian
Nira Encer		598,68	Kg	St. Penguapan
Uap Air	97,6		Kg	St. Penguapan
Nira Kental		501,08	Kg	St. Penguapan
Fondan	0,00096		Kg	St. Masakan
Nira Kental		501,08	Kg	St. Masakan
Tetes Tebu		20.600,56	Liter	St. Masakan
Abu Kering		4,45	Kg	St. Ketel
Abu Basah		15,92	Kg	St. Ketel
Energi				
Listrik PLN	5,239		kWh	Seluruh St
Listrik Turbin	13,194		kWh	St. Ketel

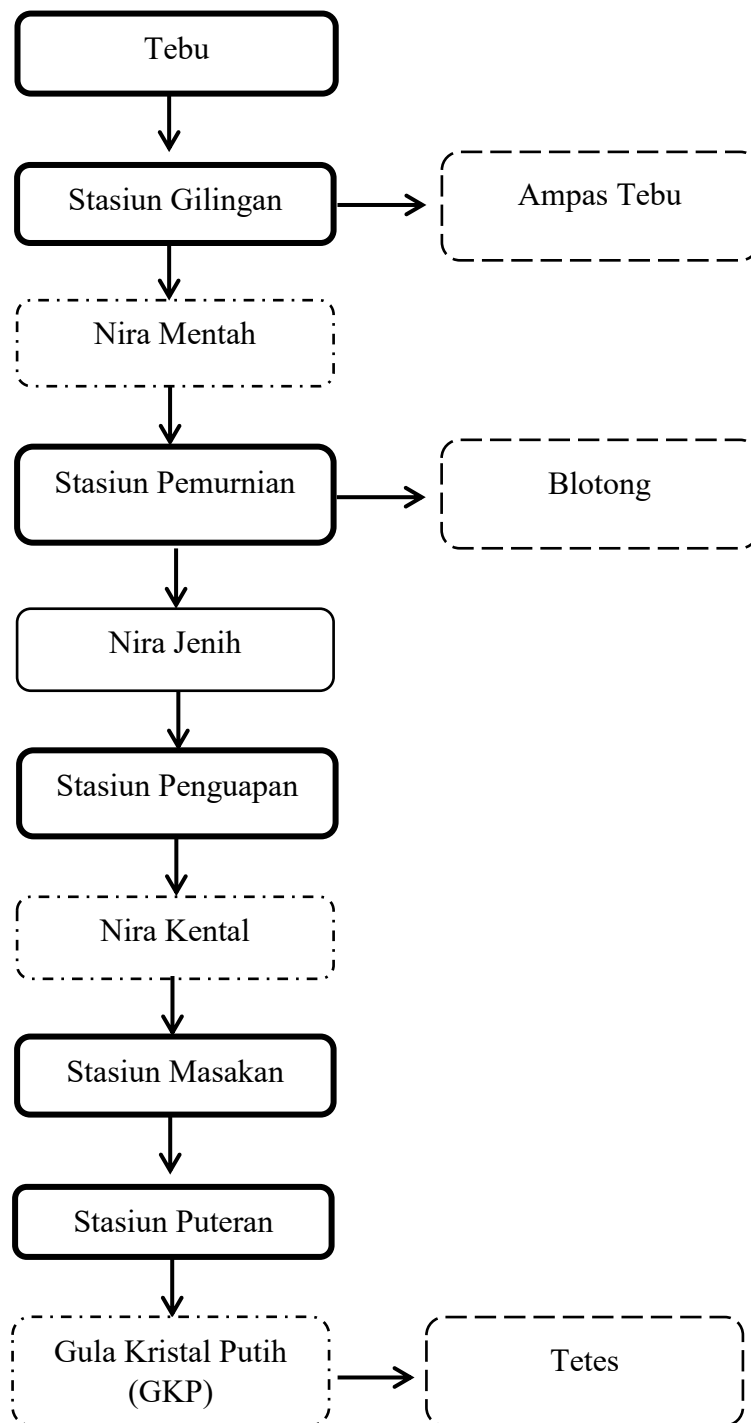
Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Pada dasarnya, pemanfaatan utama tebu di Indonesia adalah untuk menghasilkan gula, begitu juga yang dilakukan oleh PG Candi Baru Sidoarjo.

Dalam proses pengolahan tebu menjadi gula dihasilkan beberapa *by-products* yang sebenarnya dapat diolah dan dimanfaatkan lebih lanjut. Jenis *by-products* yang dihasilkan antara lain adalah ampas tebu yang dihasilkan pada proses ekstraksi, kemudian blotong yang dihasilkan pada proses pemurnian, selanjutnya dihasilkan tetes tebu pada proses kristalisasi. Alur proses pembuatan gula dan produk sampingan yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5.2.

Inovasi yang berkembang beberapa tahun terakhir menunjukkan adanya suatu upaya pemanfaatan produk samping yang dihasilkan bersamaan dengan produksi gula (Pipo & Luengo 2019). Pabrik gula pada saat ini mulai melakukan beberapa inovasi dalam pemanfaatan limbah sehingga hasil sampingan gula (*by-products*) dapat diolah dan memiliki nilai jual. Dimana, sumber daya yang dikelola secara baik akan memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi umat manusia.

Ampas tebu yang merupakan residu padat tebu setelah proses ekstraksi dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar boiler karena ampas tebu merupakan sumber energi terbarukan dan tersedia cukup besar (Hugot 1986). Tetes tebu digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui pabrik bioetanol. Dibandingkan bahan baku lain, tetes mempunyai keunggulan, yaitu selain harganya murah juga mengandung 50% gula sederhana yang dapat difermentasi langsung oleh *yeast* menjadi etanol tanpa *pretreatment*.



Gambar 5. 2 Alur Proses Produksi Gula. **▭** = Stasiun proses, **▭** = Materi yang dihasilkan, dan **▭** = *by-products*.

5.1.2.1. Gilingan



Gambar 5. 3 Stasiun Gilingan

Jalannya proses pada stasiun gilingan dimulai dengan diperahnya tebu hingga sedemikian rupa hingga memperoleh nira yang sebanyak banyaknya.

Tabel 5. 3 Spesifikasi Gilingan

Spesifikasi	Gilingan I	Gilingan II	Gilingan III	Gilingan IV
Produksi	Krebet Baru	Bisma Indra	Bisma Indra	Bisma Indra
Jumlah Rol	4 buah	3 buah	3 buah	4 buah
Kecepatan	4.200 rpm	4.300 rpm	3.700 rpm	3.500 rpm
Total Kapasitas	6.000 TCD	6.000 TCD	6.000 TCD	6.000 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Pada stasiun gilingan ini didapat serabut-serabut tebu yang halus dari unigrator pada stasiun persiapan dimana tujuannya adalah mempermudah proses penggilingan. Sebelum serabut tebu masuk ke dalam penggilingan dilakukan proses preliming, yaitu penambahan kapur tohor pada tebu. Serabut yang telah bercampur dengan susu kapur masuk ke gilingan 1. Nira perahan pertama langsung menuju saringan *Dutch States Mines Screen (DMS Screen)* untuk dipisahkan antara nira dan ampas dan gilingan 1 dibawa oleh intermediate carrier menuju gilingan II, pada gilingan ke II terjadi penambahan air imbi.

Nira hasil gilingan II menuju penampungan II yang berhubungan dengan DMS Screen, sedangkan ampas gilingan II dibawa menuju gilingan III. Pada gilingan III juga terjadi penambahan air imbisi. Nira dari gilingan III, dibawa kembali menuju gilingan II sebagai nira ambisi. Ampas gilingan III dibawa ke gilingan IV. Nira gilingan IV menuju ke gilingan II sebagai nira ambisi, sedangkan ampas dari gilingan IV dibawa ke stasiun ketel oleh baggase carrier. Dibawah baggase carrier terdapat saringan yang berfungsi untuk memisahkan ampas kasar dan ampas halus. Ampas kasar dikirim menuju ketel, ampas halus di blower menuju mixer untuk dicampur dengan nira kotor untuk dijadikan blotong.

5.1.2.2 Pemurnian



Gambar 5. 4 Stasiun Pemurnian

Jalannya proses pada stasiun pemurnian didasari dengan tugas utama dari stasiun pemurnian itu sendiri, yaitu membuang bukan gula semaksimal mungkin dengan kehilangan lebih sedikit yang terbawa oleh blotong. Prinsip dasar disini adalah mengikat bukan gula dengan realgen tertentu menjadi endapan sehingga dapat dipisahkan. Semakin banyak endapan dibentuk akan semakin baik kinerja stasiun pemurnian.

Proses pemurnian pada produksi gula sangat penting, karena dapat mempengaruhi gula yang dihasilkan. Nira yang telah disaring oleh *DSM Screen*

dan dicampur oleh phospat (H_3PO_4) kemudian ditampung pada bak nira timbangan mentah.

Tabel 5. 4 Spesifikasi Nira Timbangan Mentah

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah	2,0 buah
Kapasitas Timbang	1,4 ton
Jam Operasional	24 jam
Kapasitas Timbangan	4.031,9 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Selanjutnya nira dipompa masuk pompa nira mentah tertimbang. Berikut spesifikasi dari pompa nira mentah tertimbang.

Tabel 5. 5 Spesifikasi Pompa Nira Mentah Tertimbang

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah	1,0 buah
Kapasitas Pompa	$280m^3/jam$
Jam Operasional	24 jam
Kapasitas Pompa Nira Mentah	5.375,9 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Fungsi dari Pompa Nira Mentah Tertimbang adalah ke Pemanas Pendahuluan I (*Pump Crade Sap weighted to preliminary heating I*). Untuk memompa nira mentah tertimbang ke pemanas pendahuluan 1 (*juice heater*). Nira dipompa ke *juice heater* I atau Pemanas pendahuluan I. *Juice heater* merupakan sebuah perangkat yang digunakan dalam stasiun pemurnian untuk memanaskan nira mentah. Fungsinya untuk meningkatkan suhu nira mentah agar mencapai suhu yang optimal untuk proses pemurnian.

Tabel 5. 6 Spesifikasi *Juice Heater* I

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah	3,0 unit
Suhu Nira Masuk	25 °C
Suhu Uap Bekas	115 °C
Kapasitas Juice Heater I	3.658,8 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Pemanasan pendahuluan bertujuan untuk mempercepat reaksi pengendapan kalsium fosfat dan membunuh bakteri dalam nira sehingga tidak mengganggu proses pembentukan kristal gula. Nira dari *juice heater* I masuk ke dalam tabung sekarat untuk dicampur dengan susu kapur dan nira mentah untuk menyempurnakan pembentukan flok atau disebut proses defekator. Kemudian nira dari tabung sekarat dialirkan menuju sulfur tower

Tabel 5. 7 Spesifikasi Sulfur Tower

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah	2,0 buah
Diameter	900 mm
Tinggi	7,0 m
Jumlah Tray	11 buah

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Fungsi dari sulfur tower adalah untuk Menetralkan nira encer tersulfitasi dari Ca-sakarot lalu dicampurkan dengan gas SO₂ atau biasa disebut dengan proses sulfitasi. Gas SO₂ dari sulfur burner masuk melewati bawah sulfur tower, dan nira masuk ke sulfur tower. Kemudian nira dipompa menuju *juice heater* II. Berikut Spesifikasi *juice heater* II.

Tabel 5. 8 Spesifikasi *Juice Heater* II

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah	3,0 buah
Suhu Nira Masuk	72 °C
Suhu Uap Bekas	115 °C
Suhu Nira Keluar	105 °C
Kapasitas Juice Heater	4.292,9 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Pemanasan ini bertujuan untuk menyempurnakan reaksi pengendapan, membunuh mikroba yang resisten pada suhu 72°C dan menguapkan gas-gas yang terlarut dan dapat menguap, sehingga tidak mengganggu proses penguapan. Nira

kemudian dialirkan ke flash tank untuk melepaskan uap gas. Nira dari flash tank masuk ke *Single Tray Clarifier*.

Tabel 5. 9 Spesifikasi *Single Tray Clarifier*

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah	1,0 buah
Jam Giling	24,0 jam
Kapasitas	6.015,7 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Penambahan flokulan dilakukan agar molekul-molekul yang terbentuk saling berikatan satu sama lain membentuk partikel yang lebih besar. Sehingga kotoran yang membentuk flok lebih mudah mengendap. Flok-flok atau nira kotor yang mengendap akan dialirkan menuju *Rotary Vacuum Filter (RVF)*, yang ditambahkan dengan ampas halus dan susu kapur.

Tabel 5. 10 Spesifikasi *Rotart Vacuum Filter (RVF)*

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah	2.0 buah
Jam Operasional	24,0 jam
Kapasitas	4.330,1 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Rotary Vacuum Filter adalah sebuah filter yang bekerja secara berkelanjutan dimana bagian yang solid dari sebuah campuran dipisahkan oleh filter yang hanya dapat dilalui oleh liquid atau gas, dalam hal ini keadaan vakum diperlukan untuk mengakumulasi zat padat di permukaan. Prinsip kerja dari alat ini yaitu, tekanan di luar drum adalah tekanan atmosferik tetapi di dalam drum mendekati vakum.

Proses pencampuran bertujuan untuk mendapatkan nira tapis yang masih terkandung pada nira kotor. Nira tapis dialirkan menuju bak penampung nira mentah, sedangkan blotong ditampung oleh truk dan dibawa pada pihak ketiga.

Nira jernih dari *Single Tray Clarifier* menuju bak penampungan nira jernih, yang sebelumnya disaring menggunakan DSM Screen.

5.1.2.3 Penguapan



Gambar 5. 5 Stasiun penguapan

Tujuan dari proses penguapan adalah menguapkan sebanyak mungkin air yang terkandung pada nira jernih, sehingga mencapai kondisi larutan mendekati jenuh. Karena nira tidak kuat terhadap suhu tinggi maka nira diuapkan pada kondisi vakum/hampa sehingga titik didih bisa diturunkan. Pada proses penguapan ini uap yang dihasilkan dari satu evaporator digunakan untuk air pada evaporator selanjutnya. Berikut spesifikasi dari evaporator :

Tabel 5. 11 Spesifikasi Evaporator

Spesifikasi	Keterangan
Jumlah Evaporator	6,0 buah
Efisiensi Alat	85,0%
Luas Pemanas Terbesar	4.471,0 m ²
Luas Pemanas Terkecil	4.190,5 m ²
Kapasitas Rata-Rata	3.226,3 TCD

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Fungsi dari evaporator ini adalah Untuk menguapkan nira encer menjadi nira kental Sistem dalam evaporator dengan *Quintuple effect* dengan 6 unit. Hanya 5 unit yang dioperasikan sebagai evaporator sedangkan 1 unit untuk menghasilkan nira kental yang akan dicampur di sakarat sedangkan 1 unit sisanya sebagai

cadangan. Penguapan dilakukan pada kondisi vakum karena nira tidak tahan terhadap suhu tinggi, nira pada suhu tertentu ($>125^{\circ}\text{C}$) akan mengalami kerusakan sehingga tekanan dalam evaporator diturunkan agar mencapai kondisi vakum dan titik didih nira dapat diturunkan sampai 60°C .

Tabel 5. 12 Spesifikasi Pompa *Vacuum*

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Pompa	Elmot Utara
Jumlah	1,0 buah
Kapasitas Pompa	50,0 m ³ /mnt
Jenis Pompa	Elmot Selatan
Jumlah	1,0 buah
Kapasitas Pompa	60,0 m ³ /mnt
Kapasitas Penguapan	3.609,0 TCD
Kapasitas Pompa	50,0 m ³ /mnt
	3.00 m ³ /jam
Kemampuan Pompa Vaccum	4.657,7 TCD

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Pompa *vacuum* berfungsi untuk mengeluarkan udara dan gas dari suatu ruang tertutup. Dalam proses penguapan, *vacuum* merupakan parameter yang penting untuk mengendalikan proses penguapan bersama dengan suhu. *Vacuum* digunakan untuk menyesuaikan tekanan guna memaksimalkan efisiensi proses, meminimalkan waktu proses, dan mempertahankan kondisi kerja yang aman.

Kondensor adalah alat penghambat ruang penguapan dan mengkondensasikan uap nira badan terakhir. Selanjutnya melalui tahap pompa air injeksi.

Tabel 5. 13 Spesifikasi Pompa Air Injeksi

Spesifikasi	Keterangan
Jenis Pompa	Elmot
Jumlah	1,0 buah
Kapasitas Pompa	500,0 m ³ /mnt
Uap yang mengalir ke condenser	16,5 ton/jam
Suhu air injeksi	30,0 °C
Kebutuhan air injeksi	1.182,4 ton/jam
Kemampuan pompa	3.891,7 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Alat ini berfungsi untuk memompa air injeksi dan menurunkan temperatur uap nira yang dihisap pompa vacuum, sehingga tarikan pompa vacuum tetap tinggi, dan yang terakhir adalah proses *barrometris condenser*.

Tabel 5. 14 Spesifikasi *Barrometris Condensor*

Spesifikasi	Keterangan
Kapasitas Evaporator	3.609,0 TCD
Volume	15,0 m ³
Uap dari badan akhir	16,5 ton/jam
Condensor	Stauss & Stewart
Volume condenser	11,6 m ³
Kemampuan condenser	4.678,5 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Kondensor adalah salah satu jenis mesin penukar kalo (*heat exchanger*). Fungsi barometrik kondensor pada stasiun penguapan pabrik gula adalah untuk menghasilkan vakum dan mengkondensasikan uap nira. Mengkondensasikan uap nira Uap nira dari bawah ke atas akan menembus tirai yang dibuat oleh media pendingin (air) yang dialirkan di dalam kondensor. Kemudian uap nira yang masuk akan mengarah ke atas sehingga terjadi kontak antara uap nira dan air injeksi, karena kontak tersebut uap akan mengembun dan turun ke bawah bersama dengan air jatuhan. Kemudian gas-gas yang tidak terembunkan akan keluar ke udara dengan bantuan pompa *vacuum*. Kondensor merupakan alat penukar panas antara uap dan air pendingin. Proses pertukaran panas ini tergantung pada luas permukaan pertukaran panas dan waktu kontak pertukaran panas. Selain itu kondensor juga berfungsi untuk menciptakan back pressure yang rendah (*vacuum*) pada *exhaust turbin*. Dengan *back pressure* yang rendah, maka efisiensi siklus dan kerja turbin akan meningkat.

5.1.2.4 Masakan



Gambar 5. 6 Stasiun Masakan

Tujuan dari stasiun pemasakan adalah untuk mempermudah pemisahan Kristal gula dengan kotorannya dalam pemutaran sehingga diperoleh hasil yang memiliki kemurnian yang tinggi dengan kristal gula yang sesuai dengan standar kualitas yang ditentukan dan diperlukan untuk mengubah sukrosa dalam larutan menjadi kristal agar pembentukan gula setinggi-tingginya dan hasil akhir dari proses produksi yaitu tetes yang mengandung gula sangat sedikit, bahkan diharapkan tidak gula sama sekali dan proses dari stasiun masakan sendiri memakan waktu 18 jam prosesnya.

Alat-alat yang digunakan pada stasiun masakan diantara lain:

- Pan masakan.

Untuk pembentukan posisi lewat jenuh larutan gula dan mempercepat proses kristalisasi yaitu dengan jalan menguapkan air lebih lanjut sehingga berbentuk kristal-kristal gula yg lebih seragam.

Tabel 5. 15 Spesifikasi Pan I-VII

Spesifikasi	Pan I	Pan II	Pan III	Pan IV	Pan V	Pan VI	PanVII
Masakan	D	D	D/C	A	A	A	A
Volume	45 m ³	40 m ³	45 m ³	40 m ³	40 m ³	40 m ³	38 m ³
Suhu	100 °C	68 °C	70 °C	58 °C	64 °C	58 °C	122 °C

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Tabel 5. 16 Spesifikasi Stasiun Masakan D - A

	Spesifikasi	Keterangan
Masakan D	Jumlah Masakan	239,21 ton/hari
	Volume Masak	75,0 m ³
	Lama Masak	8 jam
	Jumlah Masakan	225,0 ton/hari
	Kemampuan	2.821,75 TCD
Masakan C	Jumlah Masakan	79,94 ton/hari
	Volume Masakan	40,0 m ³
	Lama Masakan	6 jam
	Jumlah Masakan	160,0 ton/hari
	Kemampuan	6.004,15 ton/hari
Masakan A	Jumlah Masakan	501,78 ton/hari
	Volume Masak	140,m ³
	Lama Masak	5jam
	Jumlah Masakan	672,0 ton/hari
	Kemampuan	4.017,69 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Masakan D adalah dengan nira kental yang tersulfitir, fondan, leburan gula D2 dan stroop A. Leburan gula D2 dan stroop A dan berfungsi sebagai menaikkan harga kemurnian atau (HK) dari nira. Sebelumnya nira kental dari bak penampungan nira tersulfiasi yang dialirkan menuju pan masakan D untuk dipanaskan dengan suhu 100°C, sampai terbentuk benang dan diusahakan tidak terjadi pengkristalan terlebih dahulu. Kemudian ditambahkan fondan sebagai bibit gula dan dipanaskan kembali, dan selama pemanasan berlangsung pembentukan inti kristal yang harus dikontrol, agar terbentuk inti kristal yang diinginkan.

Masakan C adalah dengan gula D2 (babonan D), nira kental dan *stroop* A yang berfungsi untuk menaikkan HK. Ketiga bahan tersebut dipanaskan dengan suhu 70°C sampai kristal cukup besar, proses pemasakan memakan waktu sekitar 6 jam tergantung pemberian uap dari stasiun ketel. Untuk mengurangi kristal palsu yang telah terbentuk, dilakukan penambahan air agar kristal palsu larut dan kembali menjadi cuite. Dengan dilakukan pengontrolan ukuran kristal dengan sesekali mengambil sampel dari masakan dan melihatnya melalui kaca bening yang disinari lampu lalu masakan diturunkan menuju palung pendingin.

Masakan A adalah dari bahan gula C. Nira kental dan klare SHS. Mula-mula nira kental dimasukkan pada pan masakan dan dipanaskan dengan suhu 58°C sampai timbul benangan. Selanjutnya gula babonan ditambahkan sebagai bibit. Proses pemasakan dikontrol agar tidak terbentuk inti kristal palsu, jika terdapat inti kristal palsu maka dilakukan penambahan air. Proses pemasakan berlangsung selama 5 jam. Kemudian masakan diturunkan menuju palung pendingin.

- *Vacuum Trog D.*

Merupakan cadangan untuk pan 1 dan pan 2 jika pemanasan masih belum sempurna (ukuran kristal terlalu kecil).

- *Vacuum Trog A.*

Merupakan cadangan untuk masakan A.

- Palung Pendingin.

Fungsi palung pendingin di stasiun masakan adalah untuk menurunkan suhu masakan dan menampung hasil masakan untuk proses kristalisasi lanjutan.

Tabel 5. 17 Spesifikasi Palung Pendingin A, C, D

	Spesifikasi	Keterangan
Palung Pendingin A	Jumlah	6,0 buah
	Volume Total	130,0 m ³
Palung Pendingin C	Jumlah	2,0 buah
	Volume Total	35,0 m ³
Palung Masakan D	Jumlah	5,0 buah
	Volume Total	115,0 m ³
	Kapasitas	2.935 TCD

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Dalam proses pembuatan gula, palung pendingin sangat penting untuk masakan D karena berfungsi untuk mengurangi kehilangan gula dalam tetes akhir. Tetes akhir merupakan pos terakhir dari kehilangan gula, sehingga kadar gula yang tinggi dalam tetes akhir akan merugikan pabrik gula. Palung pendingin berfungsi untuk kristalisasi lanjut yaitu proses penempelan molekul-molekul sucrose dalam larutan pada kristal. Palung pendingin digunakan sebagai penampung setelah masakan turun dan sebelum diputar. Palung ini juga digunakan untuk menurunkan suhu masakan karena masakan yang turun masih mempunyai suhu sekitar $\pm 65^{\circ}\text{C}$ maka harus didinginkan terlebih dahulu dengan suhu 40°C agar terbentuk Kristal

- *Rapid Cooler*

Digunakan untuk mempercepat pendinginan masakan A serta menjaga masakan agar tidak terlalu dingin atau beku.

Tabel 5. 18 Spesifikasi *Rapid Cooler*

Spesifikasi	Keterangan
Volume	80,0 m ³
Volume total	195,0 m ³
Lama Rata-Rata	30,0 jam dari suhu turun 65°C menjadi 35°C

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Pendinginan masakan sangat perlu terutama pada masakan tingkat akhir (masakan D), sehingga jumlah sucrose dalam larutan yang tertinggal semakin rendah dan kehilangan gula juga semakin rendah. Hasil masakan yang baru turun dari pan masak memiliki suhu yang tinggi antara 65-70°C, maka masakan D perlu pendinginan yang baik. Pendinginan dapat mencapai suhu 65-35°C. Waktu pendinginan untuk masakan D lebih lama karena viskositasnya masih tinggi. Pendinginan ini dilakukan pada tempat yang telah dilengkapi dengan pipa-pipa yang berisi air bersih. Dalam proses pendinginan masakan dalam palung harus terus teraduk agar proses kristalisasi lebih sempurna dan mencegah terjadinya penggumpalan.

- Peti Tunggu.

Digunakan untuk menampung gula C Klare SHS (*Super High Sugar*) leburan gula serta menampung gula hasil masakan.

Tabel 5. 19 Spesifikasi Peti Tunggu

Spesifikasi	Keterangan
Leburan	4,4 m ³ /100 ton tebu/24 jam
Stroop A	2,6 m ³ /100 ton tebu/24 jam
Stroop C	2,1 m ³ /100 ton tebu/24 jam
Klare D	1,4 m ³ /100 ton tebu/24 jam

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Peti tunggu pada stasiun masakan. Pada proses pemisahan kristal masakan D, memiliki tingkat kseulitan yang lebih tinggi dikarenakan kekentalan yang tinggi. Oleh karena itu ditambahkan penambahan tetes (*stroop*) pada hasil masakan D pada proses pendinginan pada palung talang bawah. Dan kemudian akan dimasukan pada alat putar dan diputar pada kecepatan 1900-2175 rpm. Hasil dari proses ini adalah gula D1 dan tetes, tetes pada hasil ini kemudian akan digunakan pada pabrik spirtus dengan ditambah air sampai pada ukuran brik

tertentu sedangkan gula D akan diputar kembali karena masih banyak mengandung kotoran. Untuk memudahkan pemisahan akan ditambahkan air bersuhu 400C dan klare D yang akan diputar dengan kecepatan 2210 rpm. Dari putaran tersebut akan menghasilkan D2 dan klare D, Klare D akan dimasukan pada peti tunggu stasiun masakan, sedangkan gula D digunakan sebagai bibit pada pemasakan gula C.

5.1.2.5 Puteran



Gambar 5. 7 Stasiun Puteran

Stasiun pemutaran berfungsi untuk memisahkan kristal gula dari *stroop* dan tetes yang terdapat dalam masakan. hasil pengkristalan dalam pemasakan adalah campuran antara kristal gula, *stroop* dan tetes. Alat pemutar bekerja berdasarkan gaya sentrifugal. Untuk mendapatkan kristal dalam bentuk murni dilakukan pemisahan campuran dengan menggunakan kekuatan gaya sentrifugal.

Jalannya proses pada stasiun putaran dimulai dengan gula yang dihasilkan dari stasiun masakan baik gula D, gula C, maupun gula A masuk pada stasiun putaran. Masing masing dari jenis gula masuk pada putaran yang sesuai dengan jenis gulanya seperti putaran gula D, putaran gula C, Putaran gula A.

Tabel 5. 20 Spesifikasi Puteran D1, D2

	Spesifikasi	Keterangan
Puteran D1	Merk / Type	BMA / Broadbent
	Kapasitas Total	572 ton/hari
	Kapasitas Operasional	158,4 ton/hari
	Jumlah	4,0 buah
	Masakan D % Tebu	7,97%
	Masakan D dihasilkan	199,3 ton/hari
	Jam Operasional	22 jam
Puteran D2	Merk / Type	BMA / Automatic
	Kapasitas Total	105,6 ton/hari
	Kapasitas Operasional	105,6 ton/hari
	Jumlah	2,0 buah
	Magma D1 dihasilkan	104,6 ton/hari
	Magma D1 % Tebu	4,19%
	Jam Operasional	22 jam

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo

Putaran Gula D adalah Masakan D yang berada pada talang U dialirkan menuju puteran D1. Pada saat proses puteran ditambahkan air agar pemisahan menjadi lebih sempurna. Cairan yang terpisah dari gula D1 disebut dengan tetes, selanjutnya tetes dialirkan menuju talang penampung tetes. Sedangkan gula DI kembali diputar pada puteran gula D2. Pada proses puteran ditambahkan air. Proses ini menghasilkan gula D2 dan klare D. Selanjutnya klare D dialirkan menuju peti klare D dan gula D2 (babonan D) dialirkan ke peti babonan D.

Tabel 5. 21 Spesifikasi Putaran Gula C

Spesifikasi	Keterangan
Merk / Type	BMA / automatic
Kapasitas Total	105,6 ton/hari
Kapasitas Operasional	52,8 ton/hari
Jumlah	2,0 buah
Masakan C % Tebu ²	2,66%
Masakan C dihasilkan	66,62 ton/hari
Jam Operasional	22 jam

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Putaran gula c adalah masakan C dari palung pendingin dialirkan menuju puteran C. Setelah ke puteran C dihasilkan gula C dan hasil dari *stroop* C. Pada saat proses puteran dilakukan penambahan air agar pemisahan terjadi lebih sempurna.

Tabel 5. 22 Spesifikasi Putaran Gula A

Spesifikasi	Keterangan
Merk / Type	Broadbent Automatic
Kapasitas Total	1.075 ton/hari
Kapasitas Operasional	985,6 ton/hari
Jumlah	3,0 buah
Masakan A % Tebu	16,7 %
Masakan A dihasilkan	418,2 ton/hari
Jam Operasional	22,0 jam

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Putaran gula A adalah Masakan A dari palung pendingin selanjutnya dialirkan menuju puteran A dan ditambahkan air, sehingga dihasilkan *stroop* A dan gula A. *Stroop* A kemudian dipompa menuju peti tunggu, sedangkan gula A diproses lebih lanjut pada puteran SHS.

Gula A merupakan hasil dari puteran A, kemudian diputar kembali pada puteran SHS. Pada puteran terjadi penambahan air, dan bertujuan untuk menyempurnakan menghilangkan kotoran. Hasil dari puteran SHS merupakan gula SHS (*Superior High Sugar*) dari klare SHS.

Tabel 5. 23 Spesifikasi Putaran Gula SHS

Spesifikasi	Keterangan
Merk / Type	Broadbent C 32 MT
Kapasitas Total	549 ton/hari
Kapasitas Operasional	274,56 ton/hari
Jumlah	2,0 buah
Magma A % Tebu	8,00%
Magma A dihasilkan	200,07 ton/hari
Jam Operasional	22 jam

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

5.1.3 Output Produk Utama Gula Kristal Putih

Gula merupakan bahan pangan pokok yang digunakan di seluruh dunia yang dihasilkan dari batang tebu. Gula adalah komoditas terbesar yang diperdagangkan di seluruh dunia setelah beras, gandum, dan kedelai. Perdagangan gula terjadi karena didorong oleh tingginya konsumsi gula masyarakat, peningkatan konsumsi gula disebabkan oleh peningkatan pendapatan per kapita masyarakat Indonesia gula kristal putih adalah gula tebu atau bit yang melalui proses kristalisasi yang digunakan untuk konsumsi rumah tangga yang telah dijelaskan peraturan SNI 3140.3:2010. Pada proses penggilingan tebu di PG Candi Baru Sidoarjo menghasilkan produk utama gula Kristal putih sebesar berikut:

Tabel 5. 24 Total Produk Utama Gula Kristal Putih

No.	Tahun	Total Produk Utama Gula Kristal Putih (ton)
1.	2019	30.000,3
2.	2020	22.200
3.	2021	24.071,10
4.	2022	27.084,0
5.	2023	30.871,4

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Berdasarkan Tabel 5. 24 diatas dapat diketahui bahwa setiap tahun produk utama yang dihasilkan oleh PG Candi Baru pada 5 tahun terakhir dari 2019 sampai 2023 mengalami fluktuasi untuk gula kristal putih (gkp) yang dihasilkan. Berdasarkan data pada Tabel 5.24 peningkatan hasil produk utama yang dihasilkan paling tinggi pada tahun 2023 yaitu 30.871,4 ton dengan jumlah tebu 412.011,2 Ton dan yang terendah yaitu pada tahun 2020 sebanyak 20.200 ton dengan jumlah tebu 332.261,3Ton. Artinya, PG Candi Baru tidak selalu konstan naik tiap tahunnya untuk produk utama gula Kristal putih (gkp) yang dihasilkan.

5.1.4 Output By-Products Gula Blotong

Blotong merupakan limbah pabrik gula yang mengandung karbon, nitrogen, fosfat, kalium dan mineral lain yang dapat dijadikan alternatif bahan baku pembuatan pupuk organik melalui metode pengomposan, serta cukup melimpah ketersediaannya. Limbah jenis ini menyebabkan pencemaran lingkungan dan menimbulkan bau menyengat yang mengganggu masyarakat sekitar sehingga perlu diolah lebih lanjut. Pabrik Gula dalam masa satu proses penggilingan batang tebu biasanya menghasilkan limbah padat berupa blotong atau disebut *filter cake* atau *filter press* mud yang jumlahnya sekitar 3.8 % dari bobot tebu. Penumpukan blotong dalam jumlah besar menjadi salah satu sumber pencemaran lingkungan yang serius bagi pabrik gula dan masyarakat sekitar, sedangkan saat musim hujan, tumpukan blotong basah menebarkan bau busuk dan mencemari lingkungan. Disisi lain blotong dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Pada proses penggilingan tebu di PG Candi Baru Sidoarjo menghasilkan *By-Products* gula Blotong sebesar berikut :

Tabel 5. 25 Total Output *By-Products* Blotong

No.	Tahun	Total Output <i>By-Products</i> Blotong (Ton)
1.	2019	17.451,496
2.	2020	12.625,918
3.	2021	15.482,15
4.	2022	15.279,306
5.	2023	15.656,425

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Berdasarkan Tabel 5.26 diatas dapat diketahui bahwa setiap tahun *by-products* yang dihasilkan oleh PG Candi Baru pada 5 tahun terakhir dari 2019 sampai 2023 mengalami fluktuasi untuk blotong yang dihasilkan. Berdasarkan data pada tabel 5.26 peningkatan hasil *by-products* yang dihasilkan paling tinggi

pada tahun 2019 yaitu 17.451,496 liter dengan jumlah tebu 459.249,9 Ton dan yang terendah yaitu pada tahun 2020 sebanyak 12.625,929 liter dengan jumlah tebu 332.261,3Ton. Artinya, PG Candi Baru tidak selalu konstan naik tiap tahunnya untuk *by-products* gula blotong yang dihasilkan.

PG Candi Baru Sidoarjo sendiri belum menggunakan *by-products* blotong itu sendiri menjadi bahan baku pupuk organik melalui metode pengomposan, dikarenakan menurut PG Candi Baru Sidoarjo sendiri akan menambah biaya operasional yang lebih tinggi tetapi PG Candi Baru Sidoarjo melakukan pengupayaan untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari timbulnya penumpukan blotong yang berlebihan dengan cara menggunakan pihak ketiga untuk pengolahan *by-products* blotong dan mencari tempat pembuangan yang aman dari timbulnya pencemaran lingkungan itu sendiri.

5.1.5 *By-Products* Gula Ampas Tebu



Gambar 5. 8 *By-Products* Gula Ampas Tebu

Ampas tebu yang merupakan residu padat tebu setelah proses ekstraksi dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar boiler karena ampas tebu merupakan sumber energi terbarukan dan tersedia cukup besar. Pabrik Gula Candi Baru Sidoarjo sendiri telah memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar boiler dan

hal tersebut cukup menghemat penggunaan energi listrik. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan oleh boiler digunakan untuk menggerakkan generator turbin hingga menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh turbin alternator digunakan kembali oleh Pabrik Gula Candi Baru Sidoarjo untuk memasok energi listrik yang diperlukan selama proses produksi gula. Maka dari itu, ampas tebu cukup bermanfaat karena dapat menjadi energi alternatif untuk mencukupi kebutuhan bahan bakar pabrik gula. Dengan menggunakan energi ampas tebu secara efisien, nantinya pabrik gula akan dapat mencukupi kebutuhan energi secara mandiri.

Penggilingan merupakan proses awal pengolahan tebu menjadi gula yang berlangsung di stasiun gilingan. Prinsip utama dari stasiun gilingan adalah memisahkan nira mentah dari ampas tebu dengan cara digiling. Prinsip kerja pemerahan tebu di stasiun gilingan ini adalah secara mekanik dan ekstraksi. Prinsip pemerahan secara mekanik yaitu, tebu yang telah dicacah kemudian diperah pada rol gilingan.

Tabel 5. 26 Total Output *By-Products* Ampas Tebu

No.	Tahun	Total Output <i>By-Products</i> Ampas Tebu(Ton)
1.	2019	137.774,97
2.	2020	99.678,39
3.	2021	122.227,5
4.	2022	120.626,1
5.	2023	123.603,36

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Nira mentah yang dihasilkan kemudian ditimbang sebelum masuk ke stasiun pemurnian. Ampas halus akan dihembuskan oleh blower yang terdapat dalam *rotary screenery* menuju *bagacillo*, sedangkan ampas kasar dikirim melalui konveyor ke stasiun ketel (pusat tenaga) untuk digunakan sebagai bahan bakar ketel uap.

Berdasarkan Tabel 5.26 diatas dapat diketahui bahwa setiap tahun *by-products* yang dihasilkan oleh PG Candi Baru pada 5 tahun terakhir dari 2019 sampai 2023 mengalami fluktuasi untuk ampas tebu yang dihasilkan. Berdasarkan data pada tabel 5.26 peningkatan hasil *by-products* yang dihasilkan paling tinggi pada tahun 2019 yaitu 137.774,97 Ton dengan jumlah tebu 459.249,9 Ton dan yang terendah yaitu pada tahun 2020 sebanyak 99.678,39 Ton dengan jumlah tebu 332.261,3Ton. Artinya, PG Candi Baru tidak selalu konstan naik tiap tahunnya untuk *by-products* gula ampas tebu yang dihasilkan.

5.1.6 *By-Products* Gula Tetes Tebu



Gambar 5. 9 *By-Products* Gula Tetes Tebu di PG Candi Baru Sidoarjo

Molase atau tetes tebu adalah sejenis sirup limbah sisa dari proses pengkristalan gula pasir. *Molase* tidak dikristalkan karena mengandung glukosa dan fruktosa yang tidak dikristalkan lagi. Tetes tebu sangat dibutuhkan untuk industri peternakan dan pertanian. Hasil produksi tebu digunakan sebagai bahan baku industri gula. Asyarif *et al.*, (2018) . Tebu mengandung sekitar 7-20% dengan kandungan terbanyak berada pada batang bawah. Proses kristalisasi gula menghasilkan produk sampingan berupa tetes tebu atau *molase*. *Molase* berwarna merah coklat dari reaksi browning selama proses pemutihan gula.

Tetes tebu digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui pabrik bioethanol jika dibandingkan bahan baku lain, tetes mempunyai keunggulan, (Wardani & Eka Pertiwi, 2019). Bioetanol sendiri merupakan salah satu sumber energi alternative pengganti BBM yang terbuat dari proses fermentasi bahan-bahan alami oleh mikroorganisme. Tetes tebu yang dihasilkan Pabrik Gula Candi Baru Sidoarjo pada saat produksi gula disalurkan kepada distributor PT Rajawali Nusindo dan PT Gieb Indonesia.

Tabel 5. 27 Total Output *By-Products* Tetes Tebu

No.	Tahun	Total <i>By-Products</i> Tetes Tebu (Liter)
1.	2019	22.962,495
2.	2020	16.613,065
3.	2021	20.371,25
4.	2022	20.104,35
5.	2023	20.600,56

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo(2024)

Berdasarkan Tabel 5.27 diatas dapat diketahui bahwa setiap tahun *by-products* yang dihasilkan oleh PG Candi Baru pada 5 tahun terakhir dari 2019 sampai 2023 mengalami fluktuasi untuk tetes tebu yang dihasilkan. Berdasarkan data pada tabel 5.27 peningkatan hasil *by-products* tetes tebu yang dihasilkan paling tinggi pada tahun 2019 yaitu 22.962,495 liter dengan jumlah tebu 459.249,9 Ton dan yang terendah yaitu pada tahun 2020 sebanyak 16.613.065 liter dengan jumlah tebu 332,261,3 ton. Artinya, PG Candi Baru tidak selalu konstan naik tiap tahunnya untuk *by-products* gula tetes tebu yang dihasilkan. Proses untuk mendapatkan *molase* tersebut diawali dengan penghancuran tebu untuk mengambil air perasannya. Air tebu kemudian dipanaskan hingga pada akhirnya menghasilkan kristal gula. Cairan yang tertinggal setelah kristal gula diambil inilah yang disebut dengan *molase* atau tetes tebu. Siklus penggilingan

bahan baku tebu menjadi *by-products* gula tetes tebu disajikan pada Gambar 5.4 dibawah

5.2. Pengelolaan *By-products* Gula di PG Candi Baru Sidoarjo

5.2.1. Perencanaan Pengelolaan *By-Products*

Perencanaan merupakan suatu proses yang kontinu yang meliputi dua aspek, yaitu formulasi perencanaan dan pelaksanaannya. Perencanaan dapat digunakan untuk mengontrol dan mengevaluasi jalannya kegiatan, karena sifat rencana itu adalah sebagai pedoman pelaksanaan kegiatan.(Listyangsih,2014).

Menurut Athoillah, pembuatan perencanaan dilakukan melalui empat tahapan (Siregar, 2021), diantaranya: 1. Menetapkan sasaran dan tujuan 2. Menentukan keadaan, situasi dan kondisi saat ini 3. Menentukan target *by-products* yang dihasilkan 4. Mengembangkan dan menjabarkan rencana. Perencanaan dibuat untuk mengurangi risiko dan perubahan yang mungkin terjadi, memfokuskan kegiatan pada tujuan yang telah ditetapkan, menjamin proses pencapaian tujuan dilaksanakan secara efektif dan efisien serta memudahkan pihak manajerial untuk melakukan pengawasan (Siregar, 2021).

Perencanaan dilakukan untuk memetakan langkah guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Perencanaan yang dilakukan PG Candi Baru Sidoarjo berupa perencanaan target, jam kerja dan strategi pencapaian target. Target antara ampas tebu, dan tetes tebu tiap musim giling tebu berbeda beda. Pabrik Gula (PG) Candi Baru Sidoarjo, Dalam memproduksi gula, hanya bisa memanfaatkan sekitar 5% dari setiap tebu yang diproses. Sebanyak 40-50% merupakan ampas tebu (Bagasse), sisanya berupa tetes tebu (*Molase*), blotong dan

air. Pemanfaatan tebu selama ini kurang diperhatikan dengan maksimal yaitu hanya memfokuskan hasil premier nya saja.

Tabel 5. 28 Target Ampas Tebu yang Dihasilkan PG Candi Baru Sidoarjo

Ampas Tebu	
Tahun	Target/musim giling (ton)
2019	65
2020	54
2021	60
2022	60
2023	60

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Berdasarkan Tabel 5.28 bahwa perencanaan target ampas tebu yang dimanfaatkan sebagai bahan baku boiler yaitu 30-40% dari hasil ampas tebu, tahun 2023 ampas tebu yang dimanfaatkan mencapai 60 ton digunakan sebagai bahan baku boiler. Ampas tebu yang digunakan terdapat dua cara yaitu dengan meningkatkan persen ampas dan mengurangi jumlah kandungan air dalam ampas.

Tabel 5. 29 Data Gilingan dan Ampas Tebu PG Candi Baru Sidoarjo

Tanggal	Ampas tebu (%)	Tebu digiling (kg/hari)	Ampas keluar gilingan (kg/hari)	Ampas masuk boiler (kg/hari)	Ampas masuk boiler (ton/jam)
15 Mei 2023	24.87	5020600	1248623	1248623	52.03
16 Mei 2023	28.56	5276800	1506900	1504380	62,68
17 Mei 2023	28.51	5128400	1462300	1524670	63,53
18 Mei 2023	27.73	4050700	1123400	1123400	46,81
19 Mei 2023	29.08	4523800	1315700	1330631	55,44
20 Mei 2023	27.78	4238900	1177500	1183170	49,30
21 Mei 2023	27.85	4339400	1208600	1262150	52,59
Rata-Rata	27,80	4654085	1291860	1311003	54,63

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Berdasarkan Tabel 5.29 diatas dapat dilihat data gilingan tebu periode 15 Mei 2023 sampai dengan 21 Mei 2023 terdapat rata-rata banyaknya ton tebu yang digiling per harinya dan hasil ampas tebu yang diperoleh dari hasil gilingan, sehingga dapat diperoleh banyaknya ampas keluar gilingan. Massa ampas keluar gilingan diperoleh dari hasil kali ampas % tebu dengan banyaknya tebu yang digiling. Berdasarkan data tabel diperoleh rata-rata ampas % tebu sebesar 27,80% sedangkan banyaknya tebu yang digiling perharinya sebanyak 4.654.085 kg/hari. Sehingga diperoleh rata-rata banyaknya ampas keluar gilingan sebanyak 1.291.860 kg/hari. Banyaknya ampas masuk boiler diperoleh dari selisih antara ampas keluar gilingan dan selisih antara massa yang nambah dari volume *bagasse floor*. Diperoleh rata-rata banyaknya ampas masuk boiler sebanyak 1.311.003 kg/hari atau sama dengan 54,63 ton/jam

Nilai persen ampas ini menjadi salah satu penyebab kekurangan bahan bakar di boiler. Nilai persen ampas yang rendah akibat masih banyaknya serat ampas yang terbawa oleh ampas blotong menjadi salah satu penyebab menurunnya jumlah ampas yang dihasilkan. Sehingga pabrik harus senantiasa memperhatikan nilai persen ampas agar ampas yang dihasilkan dapat tercukupi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler.

Kebutuhan energi untuk produksi gula kristal dapat dipenuhi dengan sebagian ampas dari gilingan akhir dan diperoleh kelebihan ampas yang dapat digunakan oleh PG Candi Baru Sidoarjo sebagai bahan baku boiler. Pemanfaatan energi di PG Candi Baru Sidoarjo dapat berlangsung efisien karena melalui sistem pembangkitan ganda atau yang populer disebut dengan sistem cogeneration dimana uap yang diproduksi dari ketel pembakaran ampas pertama digunakan

untuk turbin penggerak generator listrik atau penggerak gilingan, yang secara simultan dihasilkan uap bekas untuk proses pemanasan nira, penguapan nira pada evaporator dan kristalisasi pada vacuum pan. Bersamaan dengan penerapan sistem bleeding dievaporator, dan digunakan uap nira untuk proses pemanasan dan kristalisasi, maka PG dapat memperoleh lebih ampas hingga 29%.

Menurut Saputra (2018) sisa-sisa penggilingan berupa ampas tebu biasanya kurang dimanfaatkan secara maksimal. Pada kebanyakan Pabrik Gula, ampas tebu telah digunakan sebagai bahan bakar pada boiler, namun karena jumlahnya yang banyak dan sifatnya yang berubah sehingga menimbulkan masalah penyimpanan pada pabrik gula serta sifatnya yang mudah terbakar karena didalamnya terkandung air, gula, serat dan mikroba maka kelebihan ampas tebu dibakar secara berlebihan. Dengan cara tersebut tampaknya memang bisa mengurangi jumlah ampas tebu.

Industri gula memiliki produk sampingan selain ampas tebu ada *molase* atau biasa yang disebut tetes tebu. Produk tetes tebu ini merupakan zat yang dihasilkan dari pengolahan gula yang masih mengandung gula dan asam-asam organik. Pada sebuah pemrosesan gula, tetes tebu yang dihasilkan sekitar 5 – 6 %. Walaupun masih mengandung gula, tetes sangat tidak layak untuk dikonsumsi karena mengandung kotoran-kotoran bukan gula, yang membahayakan kesehatan. Namun mengingat nilai ekonomisnya yang masih tinggi, Pabrik Gula Candi Baru Sidoarjo melakukan perencanaan menjual hasil tetes tebunya ke PT Rajawali Nusindo, PT Gieb Indonesia yang memang membutuhkan tetes ini yaitu pabrik

alkohol, MSG dan lain sebagainya sehingga dapat menjadikan suatu nilai tambah tersendiri bagi perusahaan.

Tabel 5. 30 Hasil Tetes PT. PG. Candi Baru Pada Periode Bulan Mei – November 2023

Bulan	Tetes (Ton)
Mei	614,92
Juni	2.358,44
Agustus	3.098,06
September	2.821,98
Oktober	2.890,77
November	1.472,61
Total	16.344,19

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Dari Tabel 5.30, diketahui rata-rata tetes yang dihasilkan tiap hari dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata Tetes} = \frac{\sum \text{tetes}}{\sum \text{Hari Giling}} = \frac{16344,19}{185 \text{ hari}} = 88.35 \text{ ton per hari.}$$

Molase adalah hasil samping yang berasal dari pembuatan gula tebu (*Saccharum officinarum L*). Tetes tebu berupa cairan kental dan diperoleh dari tahap pemisahan Kristal gula. *Molase* tidak dapat lagi dibentuk menjadi sukrosa namun masih mengandung gula dengan kadar tinggi 50-60%, asam amino dan mineral. Tingginya kandungan gula dalam *molase* sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol.

5.2.2 Pengorganisasian Pengelolaan By-Product

Pengorganisasian atau *organizing* adalah proses mengidentifikasi, mengelompokkan, mengorganisir, dan membangun model hubungan kerja orang untuk mencapai tujuan organisasi.

Pengorganisasian mempunyai peranan yang sangat penting dan sangat menentukan langkah selanjutnya dalam pengelolaan *by-products*. Keberhasilan

atau kegagalan pengelolaan pasti berhubungan dengan peran para anggotanya. Suatu keberhasilan dapat dicapai bila ada kerjasama yang baik antar para anggotanya. Sedangkan kegagalan dapat disebabkan karena adanya faktor internal di pengorganisasian tersebut yang bersifat negatif (Ayuadika 2017).

Pengorganisasian yang baik akan bisa menciptakan serta memelihara hubungan antara seluruh sumber daya organisasi dengan menunjukkan sumber daya mana yang harus dipergunakan untuk suatu aktivitas pengorganisasian pengelolaan *by-products*, dimana, dan bagaimana cara harus menggunakannya. Upaya pengorganisasian yang tersusun secara baik akan menghindarkan seorang manajer dari penduplikasian kegiatan serta sumber daya yang menganggur. (Ilmu ekonomi ID, 2018). Adapun penanggung jawab dalam hal pengorganisasian *by-products* limbah di PG Candi Baru Sidoarjo adalah kapala sub seksi laboratorium, limbah, dan timbangan. Pengorganisasian yang baik pada pengelolaan *by-products* blotong sebagai contoh penggunaan *by-products* blotong yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena mengandung unsur hara yang dapat memperbaiki sifat tanah.

Tabel 5. 31 Spesifikasi Blotong

Kandungan	Kabron, nitrogen, fosfat, kalium, mineral lain
Manfaat	Menetralisir pengaruh Aldd, menyuburkan tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kesuburan fisik, biologi, dan kimia lahan
Cara Pemanfaatan	Dijadikan pupuk organik melalui pengomposan

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo

Dari tabel 5.29 diketahui bahwa *by-products* blotong memiliki sangat banyak manfaat dan keunggulan yang dihasilkan, tetapi dari PG Candi Baru Sidoarjo belum menerapkan manfaat dan keunggulan yang dihasilkan oleh *by-products* blotong dari pengolahan tebu dikarenakan blotong dapat menjadi solusi

pencemaran lingkungan. Namun, blotong juga dapat menimbulkan polusi bau karena tenggang waktu antara produksi blotong dan aplikasi ke lahan. Dengan belum menerapkannya manfaat dan keunggulan dari blotong pihak PG Candi Baru Sidoarjo melakukan pengorganisasian *by-products* blotong berlebihan dengan cara menggunakan pihak ketiga untuk pengolahan *by-products* blotong dan mencari tempat pembuangan yang aman dari timbulnya pencemaran lingkungan itu sendiri.

Tabel 5. 32 Pengorganisasian *By-Products* Blotong

	Jumlah Blotong 2023 (Ton)	Biaya Angkut dan Pengolahan Blotong (Rp)	Total Biaya (Rp)
Blotong	15.656,425	55.500 / ton	868.931.588

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Dari tabel 5. 30 diketahui bahwa biaya angkut dan pengolahan blotong adalah Rp. 55.500 / ton, dengan total jumlah blotong pada tahun 2023 sebesar 15.656,425 ton maka total biaya yang dikeluarkan oleh PG Candi Baru Sidoarjo adalah sebesar Rp. 868.931.588 pada 2023, Harga ini hanya biaya angkut, biaya pengolahan, dan menaikkan blotong, sedangkan untuk blotong sendiri tidak ada nilai jualnya. Bahwasannya *by-products* blotong belum memiliki nilai ekonomi yang tinggi sehingga PG Candi Baru Sidoarjo tidak tertarik untuk memanfaatkan blotong tersebut.

5.2.3 *Controlling*

Sistem *controlling by-products* di PT. PG. Candi Baru Sidoarjo ampas tebu, telah menggunakan sistem otomasi secara otomatis dengan PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai otak pengendalinya. Seluruh motor dan relay dikendalikan secara sekuensial oleh PLC sehingga alur proses tertata dari awal hingga akhir siklus. Jenis PLC yang digunakan yaitu OMRON tipe

SYSMAC CP1H 2 buah dengan konfigurasi 1 PLC sebagai master dan 1 lainnya sebagai slave. Keseluruhan proses dapat dipantau dan diatur parameter – parameternya untuk menjaga kestabilan sistem dan kinerjanya agar terus optimal.

Proses ini dilakukan oleh PLC slave dengan melihat input sensor yang telah terpasang pada sistem serta parameter – parameter dari inverter motor. Dengan metode Modbus, perangkat inverter dapat diatur dan dimonitoring sesuai alur proses penggilingan. Aplikasi yang digunakan yaitu SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) dimana sesuai namanya yaitu sebagai *supervisory* atau pengawas, control dimana operator dapat mengatur sistem dan akuisisi data sebagai database proses harian pada sistem penggilingan sampai menjadi *by-products* ampas tebu.



Gambar 5. 10 Aplikasi SCADA

Proses monitoring ini diterima oleh komputer operator dimana didalam ruang kendali operator gilingan, terdapat keseluruhan sistem elektrik penggilingan. Hasil monitoring ini tidak hanya dapat dilihat operator, namun data dikirim dengan protokol LAN ke ruangan supervisor yang berada diluar ruangan operator. Log data dari sistem disimpan kedalam database untuk pelaporan kinerja sistem tiap harinya.

Kontrol suplai udara pembakaran dan gas buang, fungsi dari control suplai udara pembakaran dan gas buangan adalah memastikan bahwa bahan bakar yang masuk ke dalam mesin memiliki aliran yang stabil dan tekanan yang sesuai. suplai udara pembakaran dan pembuangan gas buang dilakukan oleh *system balance draft* yang terdiri dari *force draft fan* (FDF) dan *induced draft fan* (IDF). FDF dipasang pada saluran sebelum ruang bakar dan IDF dipasang pada saluran sebelum cerobong.

Tabel 5. 33 Data-data *System Balance Draft*

No	Spesifikasi
1.	Force Draft Fan (FDF)
	Merk Cheng-chen
	Type Multi blade type flate fan
	Kapasitas 850 m ³ /min
	Include Draft Fan (IDF)
	Merk Cheng-chen
	Type Multi blade type flate fan
	Kapasitas 2.250 m ³ /min

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2024)

Kontrol suplai udara pembakaran dan gas buang dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. dengan mengatur damper
2. dengan melihat indikator manometer pada pipa U

5.3. Biaya Tenaga Kerja Langsung, Biaya Variabel

5.3.1 Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya tenaga kerja langsung adalah: Upah yang diperoleh pekerja yang mengubah bahan dari keadaan mentah menjadi produk jadi. Secara langsung terdiri dari:

1) Upah Gaji

Gaji pokok merupakan upah yang harus dibayarkan oleh pihak perusahaan kepada pekerja dengan ketentuan yang telah ditetapkan dan sering disebut dengan upah minimum.

2) Upah Lembur

Upah Lembur diberikan kepada pekerja dikarenakan adanya kelebihan jam kerja yang telah ditentukan oleh pemerintah. Jam kerja normal yang telah ditetapkan adalah 56 jam kerja perminggu.¹

Berikut adalah biaya tenaga kerja langsung yang ada di PG Candi Baru Sidoarjo :

Tabel 5. 34 Biaya Tenaga Kerja Langsung PG Candi Baru Sidoarjo

No.	Kegiatan produksi	Waktu kerja (Jam)	Jumlah Tenaga Kerja (orang)	Total Biaya (Rp)
1.	Tenaga Kerja – Pengelolaan	8	10	46.386.820
2.	Tanaga Kerja – Tanaman	8	5	13.915.746
3.	Tenaga Kerja – Tebang Angkut	8	1	2.783.149
4.	Tenaga Kerja – Pembikinan	8	6	12.969.214
5.	Tenaga Kerja – Pengangkutan Gula	8	1	100.726
6.	Tenaga Kerja – Pemeliharaan	8	1	2.783.149

Sumber: PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Berdasarkan tabel 5.2 diatas dapat diketahui bahwa biaya tenaga kerja langsung setiap kegiatan produksi mempunyai biaya yang berbeda, diantara seperti pada proses pengelolaan jam kerja nya sendiri yaitu 8 jam kerja dan upah yang dihasilkan setiap orang adalah sekitar Rp. 4.638.582 untuk tenaga kerja di proses pengelolaan sendiri 10 orang. lalu untuk tenaga kerja tanaman jam kerja nya sendiri yaitu 8 jam kerja dan upah yang dihasilkan setiap orang adalah sekitar

Rp. 2.783.149 untuk tenaga kerja tanaman sendiri yaitu orang 5. untuk tenaga kerja tebang angkut jam kerja nya sendiri yaitu 8 jam kerja dan upah yang dihasilkan setiap orang adalah sekitar Rp. 2.783.149 untuk tenaga kerja tanaman sendiri yaitu orang 1. untuk tenaga kerja pembikinan jam kerja nya sendiri yaitu 8 jam kerja dan upah yang dihasilkan setiap orang adalah sekitar Rp. 2.161.149 untuk tenaga kerja tanaman sendiri yaitu orang 6. untuk tenaga kerja pengangkutan jam kerja nya sendiri yaitu 8 jam kerja dan upah yang dihasilkan setiap orang adalah sekitar Rp. 2.783.149 untuk tenaga kerja tanaman sendiri yaitu orang 1. untuk tenaga kerja pemeliharaan jam kerja nya sendiri yaitu 8 jam kerja dan upah yang dihasilkan setiap orang adalah sekitar Rp. 2.783.149 untuk tenaga kerja tanaman sendiri yaitu orang 1. Dimana setiap kegiatan produksi memiliki biaya tenaga kerja langsung yang berbeda beda setiap kegiatan produksi yang sedang berlangsung di PG Candi Baru Sidoarjo.

5.3.2 Biaya Variabel yang Digunakan untuk Pengelolaan *By-Products*

Biaya variabel (*variabel cost*) adalah biaya yang berubah secara proporsional dengan aktivitas bisnis. Biaya variabel adalah biaya marginal terhadap semua unit yang di produksi. Hal ini juga dianggap biaya normal. Biaya tetap dan biaya variabel membentuk dua komponen dari total biaya. Biaya langsung, bagaimanapun, adalah biaya yang dapat dengan mudah dikaitkan dengan objek biaya tertentu. Namun, tidak semua biaya variabel adalah biaya langsung. Sebagai contoh, biaya *overhead* variabel produksi adalah biaya variabel yang merupakan biaya tidak langsung, tidak langsung menjadi suatu biaya. Biaya variabel kadang-kadang disebut biaya tingkat unit karena mereka bervariasi dengan jumlah unit yang di produksi Assegaf, A.R, (2019:3).

Tabel 5. 35 Biaya Variabel yang Digunakan untuk Pengelolaan *By-Products* PG Candi Baru Sidoarjo

No.	Uraian	Kebutuhan (Kg)	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Biaya Tebangan	411,000,000	13.000	5.343.000
2.	Biaya Angkutan	411,000,000	5.000	2.055.000
3.	Biaya Kimia Pembantu	411,000,000	16.303	6.700.441
5.	Biaya Kemasan	411,000,000	13.601	5.590.146

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Berdasarkan Tabel 4.2 diatas diketahui bahwa biaya yang digunakan untuk pengelolaan *by-products* di PG Candi Baru Sidoarjo ada beberapa kategori biaya. Diantaranya adalah biaya tebangan total bahan 411.000.000 kg, dengan biaya per kg nya Rp. 13.000 dan total biaya 5.343.000. Biaya angkutan total bahan 411.000.000 kg dengan biaya per kg yaitu Rp. 5.000 dan total biaya Rp. 2.055.000. Biaya kimia pembantu total bahan 411.000kg, dengan biaya per kg nya yaitu Rp. 16.303 dan total biaya Rp. 6.700.441. Biaya kemasan total bahan 411.000kg, dengan biaya per kg nya yaitu Rp. 13.601 dan total biaya Rp. 5.590.146. Dimana di setiap kategori kegiatan memiliki harga per kg nya berbeda beda dengan setiap kegiatan yang dilakukan di PG Candi Baru Sidoarjo.

5.3.3. Biaya Sumbangan Input Lain

Biaya sumbangan input lain adalah biaya yang dikeluarkan untuk bahan-bahan lain selain bahan baku dan tenaga kerja, yang digunakan dalam proses produksi. Sumbangan input lain ini meliputi: beban bunga modal kerja, beban manfee, biaya pajak, biaya pemeliharaan yang digunakan dalam proses produksi.

Tabel 5. 36 Biaya Sumbangan Input Lain PG Candi Baru Sidoarjo

No.	Uraian	Harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Beban bunga modal kerja	6.522.535	6.522.535
2.	Beban <i>manfee</i>	3.018.265	3.018.265
3.	Biaya pajak	1.206.955	1.206.955
4.	Biaya pemeliharaan	622.583	622.583

Sumber : PG Candi Baru Sidoarjo (2023)

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas diketahui bahwa PG Candi Baru Sidoarjo memiliki biaya sumbangan input lain untuk sekali pengelolaan *by-products*, seperti biaya beban bunga modal kerja sebesar 6.522.535, biaya *manfee* 3.018.265, biaya pajak 1.206.955, biaya pemeliharaan 622.583, dan untuk keseluruhan total sumbangan input lain PG Candi Baru Sidoarjo adalah sebesar Rp.11.370.338. Dimana setiap uraian biaya sumbang memilik nilai yang berbeda beda.

5.4 Analisis Nilai Tambah Metode Hayami

Salah satu tujuan dari pengembangan agroindustri adalah untuk meningkatkan pendapatan bagi masyarakat yang terlibat dalam kegiatan agroindustri dan dapat menyerap tenaga kerja. Penelitian sebelumnya mengenai analisis nilai tambah yang dilakukan Jauhari *et al.*, (2023) dalam jurnalnya yang berjudul “Nilai Tambah Agroindustri Gula Kelapa” dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada agroindustri gula kelapa di Desa Ciparakan Kecamatan Kalipucang Kabupaten Pangandaran dapat memberikan nilai tambah sebesar Rp.1.323 per kg nira dengan rasio nilai tambah sebesar 69,02% yang termasuk kedalam rasio nilai tambah tinggi. Keuntungan yang diperoleh sebesar Rp.1.073 per kg dengan faktor konversi sebesar 0,17. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai tambah pengelolaan *by-products* gula di PG Candi Baru Sidoarjo guna mengetahui besaran nilai tambah yang didapatkan.

Berikut ini perhitungan nilai tambah pengelolaan *by-products* gula PG Candi Baru Sidoarjo menggunakan metode Hayami.

Input yang digunakan dalam pengolahan *by-products* ampas tebu, dan tetes tebu adalah tebu. Jumlah input yang digunakan dalam pengolahan *by-products* ampas tebu adalah 412.011 ton tebu untuk menghasilkan 123.603 ton *by-products* ampas tebu dalam satu kali proses produksi, dan tetes tebu adalah 412.011 ton tebu untuk menghasilkan 20.600 ton *by-products* tetes tebu dalam satu kali proses produksi. Hal ini terjadi karena dalam proses pengolahan yakni pengupasan dan pengirisan membuat tebu menyusut banyak. Adapun bahan baku tebu diperoleh dari petani dan kebun PG Candi Baru. PG Candi Baru memastikan bahwa tebu yang digunakan untuk proses produksi adalah tebu dengan kualitas yang baik.

Input yang digunakan dalam pengelolaan *by-products* gula ampas tebu adalah tebu. Jumlah input yang digunakan dalam pengelolaan *by-products* gula ampas tebu berdasarkan tabel 5.37 adalah 412 ton tebu untuk menghasilkan 123.603 ton *by-products* ampas tebu dalam satu kali proses produksi. Hal ini terjadi karena dalam proses pengolahan yakni pengupasan dan pengirisan membuat tebu menyusut banyak. Adapun bahan baku tebu diperoleh dari petani dan kebun PG Candi Baru Sidoarjo. PG Candi Baru Sidoarjo memastikan bahwa tebu yang digunakan untuk proses produksi adalah tebu dengan kualitas yang baik.

Tabel 5. 37 Analisis Nilai Tambah *By-Products* Ampas Tebu di PG Candi Baru Sidoarjo Menggunakan Metode Hayami.

No	Output, Input, Harga	Notasi	Nilai
1	Output (ton/proses produksi)	A	123.603
2	Input (ton/proses produksi)	B	412.011
3	Tenaga Kerja (HOK/proses produksi)	C	10
4	Faktor Konversi	$D = A/B$	0,29
5	Koefisien Tenaga Kerja	$E = C/B$	2,42
6	Harga Output (Rp/ton)	F	6.500.000
7	Upah Tenaga Kerja (Rp/HOK)	G	153.000
Penerimaan, dan Keuntungan			
8	Harga Bahan Baku (Rp/ton)	H	8000
9	Sumbangan input lain (Rp/ton)	I	27.597
10	Nilai Output (Rp/ton)	$J = D \times F$	1.885.000
11	a. Nilai tambah (Rp/ton)	$K = J - H - I$	1.849.403
	b. Rasio nilai tambah (%)	$L = K/J \times 100\%$	0,98%
12	a. Imbalan tenaga kerja	$M = E \times G$	370.260
	b. Pangsa tenaga kerja	$N = M/K \times 100\%$	20%
13	a. Keuntungan (Rp/ton)	$O = K - M$	1.479.143
	b. Tingkat keuntungan (%)	$P = O/J \times 100\%$	78%
Balas Jasa Pemilik Faktor Produksi			
14	Marjin Keuntungan (Rp/kg)	$Q = J - H$	1.887.000
	a. Pendapatan tenaga kerja (%)	$R = M/Q \times 100\%$	19%
	b. Sumbangan input lain (%)	$S = I/Q \times 100\%$	1,46%
	c. Keuntungan perusahaan (%)	$T = O/Q \times 100\%$	78%

Sumber: Data diolah (2024)

Tenaga kerja yang dibutuhkan PG Candi Baru untuk mengolah tebu menjadi *by-products* ampas tebu berjumlah sepuluh orang pria. Jumlah hari orang kerja (HOK) dalam proses pengelolaan *by-products* ampas tebu adalah lima hari dalam satu kali proses produksi. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai faktor konversi sebesar 0,29 yang dihitung melalui perbandingan antara jumlah output yang dihasilkan dengan jumlah input. Artinya bahwa setiap 1 ton tebu yang digunakan akan menghasilkan 0,29 ton *by-products* ampas tebu.

Hasil perhitungan koefisien tenaga kerja pada pengolahan *by-products* ampas tebu di PG Candi Baru Sidoarjo adalah sebesar 2,42 yang artinya 2,42 tenaga kerja dibutuhkan untuk mengolah 1 ton bahan baku. Kemudian harga

output *by-products* ampas tebu yang dijual PG Candi Baru Sidoarjo sebesar Rp. 6.500.000/ton dengan upah tenaga kerja sebesar Rp. 153.000/satu kali proses produksi. Harga bahan baku tebu sebesar Rp. 8000/ton yang diperoleh dari petani dan harga bahan baku dapat berfluktuasi tergantung musim. Harga untuk sumbangan input lainnya yakni sebesar Rp. 27.597/Kg yang diperoleh dari total produksi yang dikeluarkan selain biaya bahan baku dan tenaga kerja.

Nilai output *by-products* dihasilkan dari faktor konversi di kali dengan harga input sehingga diperoleh nilai sebesar Rp 1.885.000/ton. Sedangkan nilai tambah yang diperoleh dari pengolahan tebu menjadi *by-products* ampas tebu adalah sebesar Rp 1.849.403/ton. Agroindustri pengelolaan *by-products* ampas tebu memiliki rasio nilai tambah 0,98% dibawah kriteria artinya pengelolaan *by-products* ampas tebu memiliki nilai tambah yang rendah. Imbalan tenaga kerja yang diterima oleh pekerja di PG Candi Baru sidoarjo adalah sebesar Rp.370.260/ton untuk pengolahan satu ton tebu pada setiap satu kali proses produksi. Pangsa tenaga kerja pada agroindustri *by-products* ampas tebu adalah sebesar 20%. Sedangkan keuntungan yang diperoleh dari pengolahan *by-products* ampas tebu adalah sebesar Rp.1.479.143/ton dalam satu kali proses produksi tebu dengan tingkat keuntungan 78%. Hal ini mengindikasikan bahwa agroindustri pengolahan *by-products* ampas tebu mampu berkontribusi dalam meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan pekerja.

Hasil analisis nilai tambah juga dapat menunjukkan marjin dari bahan baku (tebu) menjadi *by-products* ampas tebu yang kemudian didistribusikan kepada pendapatan tenaga kerja, sumbangan input lain, dan keuntungan perusahaan. Marjin merupakan selisih antara nilai produk dengan harga bahan baku. Dari hasil

analisis menunjukkan bahwa setiap 1 kg pengolahan bahan baku tebu menjadi *by-products* ampas tebu akan memperoleh marjin keuntungan dengan nilai sebesar Rp 1.887.000/Kg yang didistribusikan untuk masing-masing tenaga kerja sebesar 19%, sumbangan input lain 1,46%, dan keuntungan perusahaan sebesar 78%.

Tabel 5. 38 Analisis Nilai Tambah *By-Products* Tetes Tebu di PG Candi Baru Sidoarjo Menggunakan Metode Hayami.

No	Output, Input, Harga	Notasi	Nilai
1	Output (ton/proses produksi)	A	20.600
2	Input (ton/proses produksi)	B	412.011
3	Tenaga Kerja (HOK/proses produksi)	C	10
4	Faktor Konversi	$D = A/B$	0,049
5	Koefisien Tenaga Kerja	$E = C/B$	2,42
6	Harga Output (Rp/ton)	F	3.000.000
7	Upah Tenaga Kerja (Rp/HOK)	G	153.000
Penerimaan, dan Keuntungan			
8	Harga Bahan Baku (Rp/ton)	H	8000
9	Sumbangan input lain (Rp/ton)	I	27.597
10	Nilai Output (Rp/ton)	$J = D \times F$	147.000
11	a. Nilai tambah (Rp/ton)	$K = J - H - I$	111.403
	b. Rasio nilai tambah (%)	$L = K/J \times 100\%$	75%
12	a. Imbalan tenaga kerja	$M = E \times G$	37.026
	b. Pangsa tenaga kerja	$N = M/K \times 100\%$	33%
13	a. Keuntungan (Rp/ton)	$O = K - M$	74.377
	b. Tingkat keuntungan (%)	$P = O/J \times 100\%$	50,59%
Balas Jasa Pemilik Faktor Produksi			
14	Marjin Keuntungan (Rp/ton)	$Q = J - H$	139.000
	a. Pendapatan tenaga kerja (%)	$R = M/Q \times 100\%$	26%
	b. Sumbangan input lain (%)	$S = I/Q \times 100\%$	19,85%
	c. Keuntungan perusahaan (%)	$T = O/Q \times 100\%$	53,50%

Sumber: Data diolah (2024)

Input yang digunakan dalam pengelolaan *by-products* gula tetes tebu adalah tebu. Jumlah input yang digunakan dalam pengelolaan *by-products* gula tetes tebu adalah 412 ton tebu untuk menghasilkan 20.600 ton *by-products* tetes tebu dalam satu kali proses produksi. Hal ini terjadi karena dalam proses pengolahan yakni pengupasan dan pengirisan membuat tebu menyusut banyak. Adapun bahan baku tebu diperoleh dari petani dan kebun PG Candi Baru. PG

Candi Baru memastikan bahwa tebu yang digunakan untuk proses produksi adalah tebu dengan kualitas yang baik.

Tenaga kerja yang dibutuhkan PG Candi Baru untuk mengelola tebu menjadi *by-products* tetes tebu berjumlah sepuluh orang pria. Jumlah hari orang kerja (HOK) dalam proses pengolahan adalah lima hari dalam satu kali proses produksi. Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai faktor konversi sebesar 0,049 yang dihitung melalui perbandingan antara jumlah output yang dihasilkan dengan jumlah input yang digunakan. Artinya bahwa setiap 1 ton tebu yang digunakan akan menghasilkan 0,049 liter *by-products* tetes tebu.

Hasil perhitungan koefisien tenaga kerja pada pengolahan *by-products* gula tetes tebu di PG Candi Baru Sidoarjo adalah sebesar 2,42 yang artinya 2,42 tenaga kerja dibutuhkan untuk mengolah 1 ton bahan baku. Kemudian harga output *by-products* tetes tebu yang dijual PG Candi Baru sebesar Rp. 3.000.000/ton dengan upah tenaga kerja sebesar Rp. 153.000/satu kali proses produksi. Harga bahan baku tebu sebesar Rp. 8000/ton yang diperoleh dari petani dan harga bahan baku dapat berfluktuasi tergantung musim. Harga untuk input lainnya yakni sebesar Rp. 27.597/ton yang diperoleh dari total produksi yang dikeluarkan selain biaya bahan baku dan tenaga kerja.

Nilai output *by-products* dihasilkan dari faktor konversi di kali dengan harga output sehingga diperoleh nilai sebesar Rp 147.000/ton. Sedangkan nilai tambah yang diperoleh dari pengolahan tebu menjadi *by-products* tetes tebu adalah sebesar Rp 111.403/ton. Agroindustri pengelolaan *by-products* gula memiliki rasio nilai tambah 75% di atas kriteria artinya pengelolaan tebu menjadi tetes tebu memiliki nilai tambah tinggi. Imbalan tenaga kerja yang diterima oleh

tenaga kerja di PG Candi Baru adalah sebesar Rp 37.026/ton untuk setiap pengolahan satu ton tebu. Pangsa tenaga kerja pada agroindustri *by-products* tetes tebu adalah sebesar 33%. Sedangkan keuntungan yang diperoleh dari pengolahan *by-products* tetes tebu adalah sebesar Rp. 74.377/ton bahan baku dengan tingkat keuntungan 50,59%. Hal ini mengindikasikan bahwa agroindustri pengolahan *by-products* tetes tebu mampu berkontribusi dalam meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan pekerja.

Hasil analisis nilai tambah juga dapat menunjukkan margin dari bahan tebu menjadi *by-products* tetes tebu yang didistribusikan kepada pendapatan tenaga kerja, sumbangan input lain, dan keuntungan perusahaan. Margin adalah selisih antara nilai produk dengan harga bahan baku tebu per ton. Hasil menunjukkan bahwa tiap 1 ton pengolahan bahan baku tebu menjadi *by-products* tetes tebu diperoleh margin keuntungan sebesar Rp 139.000/ton yang didistribusikan untuk masing-masing tenaga kerja sebesar 26%, sumbangan input lain 19,85%, dan keuntungan perusahaan sebesar 53.50%.