



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

Gula kristal putih atau gula jenis SHS (*Superior Hoofd Suiker*) merupakan produk utama yang dihasilkan PG. Semboro melalui tahapan-tahapan berikut :

1. Stasiun pendahuluan
2. Stasiun gilingan
3. Stasiun pemurnian
4. Stasiun penguapan
5. Stasiun masakan
6. Stasiun karbonatasi
7. Stasiun putaran
8. Stasiun boiler
9. Stasiun turbine generator

II.1.1 Stasiun Pendahuluan

Tujuan stasiun pendahuluan adalah untuk mempersiapkan tebu sehingga siap untuk digiling. Persiapan ini meliputi pengangkutan, penimbangan dan pengaturan ukuran tebu sebelum masuk stasiun penggilingan.

Adapun timbangan yang digunakan adalah:

1. Timbangan truk/ jembatan timbang

Tebu ditimbang dengan truknya, kemudian dilakukan penimbangan truk kosong. Di PG Semboro memiliki 3 unit jembatan timbang, 2 unit khusus untuk timbangan tebu dan 1 unit digunakan selain untuk menimbang tebu, timbangan ini juga digunakan untuk menimbang tetes, blotong, kapur, ampas , bahan bakar alternatif (BBA) serta produk gula.



2. Timbangan lori

Tebu yang sudah ditimbang, lalu digiling secara bergantian berdasarkan urutan kedatangan, karena lama tinggal tebu dari ditebang sampai digiling maksimum 24 jam.

II.1.2 Stasiun Gilingan

Stasiun gilingan merupakan tempat menggiling tebu yang bertujuan untuk mengambil nira yang terkandung di dalam batang tebu sebanyak mungkin dan menekan kehilangan gula dalam ampas sekecil mungkin, stasiun gilingan bertugas mengambil nira (gula) sebanyak mungkin dari tebu tanpa terjadi kehilangan. Berarti hasil kerja gilingan akan berpengaruh langsung kepada hasil gula.

Proses pertama pada pengolahan gula adalah memisahkan nira dari sabut, agar tujuan tersebut tercapai stasiun gilingan dibantu dengan alat persiapan pendahuluan dan pemakaian air imbibisi. PG semboro mempunyai 2 Stasiun gilingan yaitu gilingan semboro 1 dan gilingan semboro 2. Dalam proses persiapan tebu masing – masing memiliki alat yang berbeda. Semboro 1 menggunakan 3 unit cane crane, 1 unit cane knife, 1 unit unigrator dan 5 unit gilingan. Semboro 2 menggunakan 2 unit cane crane , 1 unit tippler 2 unit cane knife, 1 unit unigrator dan 5 unit gilingan.

Proses pemerahan tebu di gilingan diawali dari tebu yang ada di meja tebu dimasukkan ke cane carrier 1 yang kemudian dibawa ke cane knife yang bertugas untuk mencacah tebu hal ini bertujuan untuk mempermudah tugas unigrator yang bertugas untuk menghancurkan tebu hingga PI +/- 90 % (*preparation index*) yang ditentukan semakin tinggi angka PI menunjukkan semakin banyak sel tebu yang terbuka sehingga diperoleh ekstraksi yang optimal.

Sabut tebu hasil dari pencacahan unigrator dibawa oleh cane carrier 2 untuk diumpankan ke Roll gilingan 1. Pada gilingan tebu roll 1 pengumpan



bertugas membantu ampas tebu masuk ke unit roll pemerah yang terdiri dari roll atas, roll depan, roll belakang. Berikut proses perjalanan ampas, imbibisi :

1. Roll Gilingan 1 menghasilkan nira perahan pertama (NPP), selain itu juga menghasilkan ampas 1 yang kemudian diperah oleh gilingan II.
2. Roll Gilingan II menghasilkan nira perahan lanjutan (NPL 2), selain itu juga menghasilkan ampas 2 yang kemudian diperah oleh gilingan III. Nira perahan lanjutan (NPL 2) kemudian dicampur dengan nira perahan pertama (NPP) dan disaring terlebih dahulu menggunakan saringan zap zip sebelum disaring di DSM.
3. Roll Gilingan III menghasilkan nira perahan lanjutan (NPL 3), selain itu juga menghasilkan ampas 3 yang kemudian diperah oleh gilingan IV. Nira perahan lanjutan (NPL 3) di alirkan ke gilingan II sebagai imbibisi di gilingan II. Di gilingan III juga diberi air imbibisi dengan suhu 80-90°C.
4. Roll Gilingan IV menghasilkan nira perahan lanjutan (NPL 4), selain itu juga menghasilkan ampas 4 yang kemudian diperah oleh gilingan V. Nira perahan lanjutan (NPL 4) di alirkan ke gilingan III sebagai imbibisi di gilingan III. Di gilingan IV juga diberi air imbibisi dengan suhu diatas 80-90°C.
5. Roll Gilingan V menghasilkan nira perahan lanjutan (NPL 5), selain itu juga menghasilkan ampas 5 yang kemudian digunakan sebagai bahan bakar ketel. Nira perahan lanjutan (NPL 5) di alirkan ke gilingan IV sebagai imbibisi di gilingan IV.

II.1.3 Stasiun Pemurnian

Nira mentah hasil pemerahan stasiun gilingan merupakan larutan yang sebagian besar terdiri dari gula dan bukan gula, di samping zat-zat lain berupa kotoran. Tujuan dari pemurnian nira adalah memisahkan kotoran dan unsur



bukan gula yang masih terdapat dalam nira, serta menekan kerusakan sukrosa dan monosakarida sekecil-kecilnya

Nira yang diambil dari batang tebu ternyata bersifat asam, hal ini karena memang dalam nira terdapat kotoran-kotoran yang berupa asam. Hal ini bila dikerjakan lebih lanjut sakarosa akan rusak, maka kotoran - kotoran yang berupa asam tersebut harus dihilangkan hingga nira jadi bersih dan suasananya jadi netral. Bahan yang dipakai untuk membuat nira asam menjadi netral adalah basa. Basa yang dipakai dalam pabrik adalah kapur karena mudah didapat dan harganya murah, dengan pemberian kapur asam-asam akan bereaksi membentuk ikatan-ikatan yang diantaranya membentuk gumpalan-gumpalan yang dapat mengendap, selama terbentuknya gumpalan ini ikut terbawa juga kotoran-kotoran bukan gula.

Pabrik gula semboro menggunakan pemurnian secara defekasi remelt karbonatasi, stasiun pemurnian berfungsi untuk memisahkan gula (sukrosa) dari kotoran (bukan gula). Dalam proses pemurnian nira mentah, bahan pembantu proses yang digunakan adalah : susu kapur, asam phospat, dan flokulan(digunakan untuk mempercepat proses pengendapan kotoran bukan gula pada nira mentah). Dan untuk susu kapur yang bersifat basa mengikat koloid serta zat bukan gula yang bersifat asam paada keadaan isoelektrik sehingga mengendap.

Pada proses pemurnian nira dari peti penampungan nira mentah tertimbang di pompa masuk ke pemanas I (PP I) dengan suhu pemanasan mencapai 75°C - 80°C , kemudian dipompa masuk ke *defecator* dilakukan proses penambahan susu kapur yang diberikan sampai pH 7,4 – 7,6. Peti *defecator* yang digunakan hanya 1 buah yaitu peti *defecator* nomor 1, sedangkan peti *defecator* nomor 2 tidak beroperasi (standby). Setelah dari *defecator* nira masuk ke peti netralisir kemudian dipanaskan di pemanas (PP II) dengan suhu pemanas mencapai 100° - 105°C . kemudian nira masuk ke *preflo tower* yang berfungsi



untuk menghilangkan gas gas yang terkandung dalam nira agar tidak mengganggu proses pengendapan. Dari *preflo tower* diberi flokulan 2-4 ppm menuju ke bejana pengendapan (*single tray*) yang menghasilkan nira jernih dan nira kotor.

Nira kotor dipompa ke mixer bagasillo untuk dicampur dengan ampas halus dan ditapis dengan menggunakan *Rotary Vacuum Filter* (RVF) untuk dipisahkan antara nira dan blotong, nira hasil tapisan masuk ke peti penampungan nira tetimbang, sedangkan untuk blotong dibawa ketempat penampungan untuk dijadikan pupuk.

Nira jernih dari *single tray* kemudian disaring di *DSM screen* dan ditampung Di *Clear Juice Tank* yang ada di bawahnya. Kemudian nira jernih akan digunakan untuk proses selanjutnya ke stasiun penguapan. Sedangkan pemanas pendahuluan (PP III) pada PG Semboro saat ini tidak beroperasi.

II.1.4 Stasiun Penguapan

Stasiun penguapan berfungsi untuk menguapkan kandungan air yang terdapat pada nira sebanyak 80-85% dengan kekentalan 30-32° boume. Nira jernih di proses oleh evaporator dan menguapkan kandungan air yang terdapat pada nira sehingga menghasilkan 20% nira kental.

Proses penguapan nira jernih terjadi di 7 badan evaporator, dimana uap yang digunakan berasal dari uap bekas dari turbin alternator (*power house*). Uap bekas masuk ke badan 1 dengan suhu +/- 120°C dan untuk badan ke 2 sampai ke 6 menggunakan uap nira yang dihasilkan dari proses penguapan badan sebelumnya. Operasional evaporator menggunakan sistem *Quintuple effect*, pada badan 1 menggunakan 2 evaporator yang dipasang secara paralel, dan setiap masa giling 1 badan evaporator menjadi cadangan untuk dilakukan proses pembersihan kerak yang ada di dalam pipa.



Proses awal penguapan dimulai dengan memanaskan nira pada badan 1 dengan temperature 110°C , adapun sebagai pemanasnya menggunakan uap bekas dengan suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$ tekanan $0,35-0,5\text{ kg/cm}^2$. Nira yang sudah diuapkan di badan 1 memiliki kekentalan $\pm 18^{\circ}\text{ boume}$. Selanjutnya nira di pompa ke badan 2 dengan suhu uap dari badan 1 harus mencapai $103^{\circ}\text{C} - 107^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan uap nira $0,15\text{ kg/cm}^2$ dan tekanan dalam badan 5 cmHg kekentalan nira 22° boume . Nira di pompa kembali ke badan 3 suhu uap yang dibutuhkan $90^{\circ}\text{C} - 95^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan uap nira 25 cmHg kekentalan nira 25° boume . Nira di pompo menuju badan 4 dengan suhu yang berasal dari badan 3 dengan suhu $85^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$ tekanan uap nira $40 - 45\text{ cmHg}$, dengan kekentalan nira 28° boume . Nira dilanjutkan ke badan akhir dengan suhu uap nira berasal dari badan 4 yaitu $70-75^{\circ}\text{C}$, tekanan badan 64 cmHg dengan suhu uap nira menuju kondensor $53-56^{\circ}\text{C}$, dengan kekentalan nira $30-32^{\circ}\text{ boume}$.

II.1.5 Stasiun Masakan

Pada stasiun masakan nira kental akan diuapkan sebagian air nya sehingga masuk zona lewat jenuh (meta mantap). Proses di stasiun masakan adalah area perbesaran inti kristal pada zona meta mantap. Adapun inti kristal yang digunakan ada 2 jenis yaitu *fine crystal seed high grade* (FCS-HG) dan *fine crystal seed low grade* (FCS-LG). Dengan raw boiling system A-C-D sehingga diperoleh raw sugar kemudian dilebur/remelt dan dilanjutkan pemurnian dengan sistem karbonatasi didapatkan *clear liquor* kemudian dilanjutkan *refinery boiling system R1 dan R2* sehingga menghasilkan gula kualitas baik (warna gula $< 200\text{ ICUMSA}$) *International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*.

Agar proses pemasakan tidak merusak kandungan sukrosa dalam nira maka pemanasan dilakukan dalam keadaan vakum. Setelah proses pengkristalan dalam pan masakan terbentuklah campuran kental berupa pasta yang terdiri dari



butir-butir kristal gula dan zat cair kental yang disebut sirup atau stroop, campuran ini disebut massecuite. Pada masakan A diperoleh masscuite A, pada masakan C diperoleh masscuite C dan seterusnya. Sedangkan pada masakan D diperoleh massecuite D yang terdiri dari kristal-kristal gula dan zat cair pekat, dimana zat cair pekat ini merupakan bentuk sirup yang bewarna coklat tua yang biasa di sebut tetes yang akan digunakan sebagai produk sampingan yang nantinya akan dijual.

Proses masakan dimulai dengan menguapkan air pada nira kental yang memiliki kekentalan $30^{\circ} - 32^{\circ}$ Be didalam pan masakan. Alur proses masakan dimulai dari HK tinggi ke HK rendah. Pada masakan, jika terbentuk kristal palsu, maka segera ditambahkan air panas untuk menghilangkannya. Jika kristal palsu tidak dihilangkan, maka akan terikut hingga ke putaran dan menyumbat sehingga mengganggu proses penyaringan. Skema masakan pada Pabrik Gula Semboro menggunakan skema R-ACD dimana ACD akan menghasilkan gula A. Dalam proses masak D2 dibutuhkan bahan berupa nira kental, stroop A dan sebagai inti kristalnya memakai FCS-LG (*Fine Crystal Seed- Low Grade*) atau fondan yang kemudian hasil dari pan D2 masuk ke dalam palung sebagai bahan umpan (*seeding*) pan masak CVP. Selanjutnya masuk ke pan D1 (*Continous vacuum pan-CVP*), hasilnya dari proses masakan D1 ini disebut dengan massecuite D yang kemudian dikirim ke *rapid crystallizer* untuk dilakukan na-kristalisasi (kristalisasi lanjut) yang kemudian dipisahkan dengan centrifugal (*LGF-low grade fugal*) sehingga diperoleh gula D1 dan tetes. Tetes akan masuk ke CVP dibutuhkan jika HK dalam CVP terlalu tinggi. Sedangkan gula D1 dipisahkan hingga diperoleh gula D2 (babonan D) dan klare D. Klare D akan masuk ke CVP untuk di *recycle* diambil lagi sisa-sisa gula yang masih ada di klare D dan gula D2 dimasukkan ke peti babonan D. Adapun gula D2 ini nantinya digunakan sebagai inti kristal masakan C. Pada



proses masakan C membutuhkan bahan berupa nira kental dan stroop A. Hasil dari pan C dipisahkan dan diperoleh gula C (babonan C) dan stroop C. Stroop C akan masuk ke CVP dan gula C (babonan C) nantinya akan digunakan sebagai inti kristal masakan A. Adapun bahan-bahan di masakan A adalah nira kental, babonan C dan syrup R3. Hasil dari masakan A dipisahkan dan diperoleh gula A dan stroop A. Stroop A digunakan sebagai bahan pada masakan D2 dan masakan C. Sedangkan gula A (*raw sugar*) dilebur (*remelt*) menjadi *raw liquor* sebagai bahan utama di karbonatasi. Selanjutnya, dilakukan pemurnian kembali dengan proses pemurnian karbonatasi sehingga diperoleh *clear liquor*. *Clear liquor* nantinya akan dikristalkan dalam masakan R (R1, R2, R3) dengan skema *refine*. Hasil dari masakan R3 akan digunakan sebagai bibitan R yang kemudian diumpankan ke pan R2 dan R1, sedangkan hasil dari masakan R2 dan R1 sebagai gula produk. Proses masak pada Pabrik Gula Semboro dilakukan secara batch untuk pan masakan R1, R2, A, C, dan D2. Sedangkan untuk masakan D1 dilakukan secara kontinyu.

II.1.6 Stasiun Karbonatasi

Stasiun karbonatasi adalah proses pemurnian gula mereaksikan antara susu kapur- Ca(OH)_2 dan karbon dioksida- (CO_2) sehingga terbentuk senyawa baru CaCO_3 (*calcium carbonate*) yang berfungsi sebagai agen pemurnian (absorsi warna yang ada pada *raw liquor*). Dari proses pemurnian dikarbonatasi akan menghasilkan *clear liquor*, bahan inilah yang digunakan sebagai bahan utama di masakan R. Pada stasiun karbonatasi akan didapatkan hasil *clear liquor*, *sweet water* dan *filter cake* (blotong karbonatasi). Hal-hal yang perlu diperhatikan saat mengoperasikan stasiun karbonatasi adalah *flow raw liquor*, pH reaksi, suhu reaksi, Be susu kapur, kadar CO_2 dari ketel/boiler. Jika kadar CO_2 dari ketel/boiler drop maka perlu diadakan penyesuaian suplai *raw liquor* ke stasiun karbonatasi yaitu dengan mengurangi jumlah putaran affinasi.



Awal proses karbonatasi adalah melebur kembali raw sugar pada remelter dengan menggunakan air 80°C, larutan hasil dari remelter di pompa ke peti raw liquor yang selanjutnya di kirim ke lime mixing. Nira ditambahkan susu kapur untuk mencapai pH 10.5 yang selanjutnya masuk ke badan karbonator. Selanjutnya terjadi proses pemurnian gula raw sugar dengan proses reaksi karbonatasi, kemudian ditampung di peti karbonated. Carbonated liquor kemudian dipompa dilewatkan RLF (*rotary leaf filter*) sehingga terjadi proses penyaring (filtrasi), adapun RLF sebelum digunakan harus dilapisi dulu memakai filter aid (media tapis) yang disebut dengan *precoating*, dari RLF ini akan dihasilkan *Clear Liquor* dan *shudge*. Clear liquor dikirim ke peti clear di masak sedangkan sludge dikirim ke filter press untuk disaring kembali sehingga didapatkan sweet water dan filter cake, sweat water dikirim ke peti nira mentah sedangkan filter cake dikirim ke penampungan

II.1.7 Stasiun Putaran

Stasiun puteran merupakan tahap paling akhir dalam proses pembuatan gula sebelum pengemasan gula. Tujuan dari puteran yaitu memisahkan kristal gula dari larutannya (syrup, stroop dan klare) dengan cara diputar dalam basket yang dilengkapi dengan saringan sehingga dengan adanya gaya sentrifugal, larutan (stroop) akan keluar menembus saringan sedangkan kristal gula tertahan pada saringan. Puteran di PG Semboro dibedakan menjadi 2 jenis yaitu puteran *High Grade Fugal* dan puteran *Low Grade Fugal*. Puteran High grade fugal meliputi HGF R, Afinasi, Puteran R3. Puteran Low grade fugal meliputi puteran D1, D2 dan puteran C

II.1.8 Stasiun Boiler

Boiler adalah sebuah bejana tertutup yang dapat membentuk uap dengan tekanan lebih dari tekanan atmosfer dengan jalan memanaskan air dalam boiler yang berada di dalamnya. Boiler atau ketel merupakan jantung dari pabrik



gula. Fungsi dari ketel adalah untuk menyediakan uap yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik (penggerak turbin alternator), penggerak gilingan, pemanasan nira, penguapan nira, pemasakan nira kental, dan pemutaran. Ketel terdiri pipa-pipa dimana lingkungannya terus menerus kontak dengan air dan uap. Sama seperti pompa, kompresor dan peralatan pabrik lainnya yang tersusun dari berbagai komponen sehingga alat tersebut dapat beroperasi dan menjalankan perannya.

Pada stasiun ketel ampas yang digunakan berasal dari stasiun gilingan, maka ampas yang akan diolah harus dijaga agar tidak terlalu basah (kualitas bahan bakar) dan pemasukan udara O₂ harus cukup. Kandungan uap yang dihasilkan dari stasiun boiler merupakan uap kering (*superheated steam*), adapun tekanan 20-22 kg/cm² dan suhu > 325 °C.

II.1.9 Stasiun Turbine Generator

Turbine adalah suatu perangkat pemutar yang dilengkapi dengan sudu-sudu (*blade*). Turbine dalam pembahasan ini adalah turbine uap dimana uap kering (*superheated steam*) yang telah tercipta dengan tekanan, temperatur dan aliran (*flow rate*) tertentu dari boiler yang disesuaikan dengan kondisi operasi turbine sehingga turbine dapat berputar sesuai dengan kecepatan putar yang direncanakan. Perputaran turbin tersebut akan digunakan untuk memutar generator listrik yang dikopel/digandengkan dengan turbine sehingga diperoleh listrik. Pengaturan tegangan dan arus listrik akan dilakukan dengan menggunakan transformator (trafo) step up/down. Uap bekas dari turbin alternator akan dikirim ke LPSH (*low pressure steam header*) untuk diturunkan suhu dan tekanannya sesuai yang direncanakan di st. proses. Adapun uap bekas yang dikehendaki tekanan 0,4 – 0,8 kg/cm² dan suhu 118-120°C. Uap bekas ini digunakan sebagai pemanas di bejana-bejana proses (JH, Evaporator, VP)



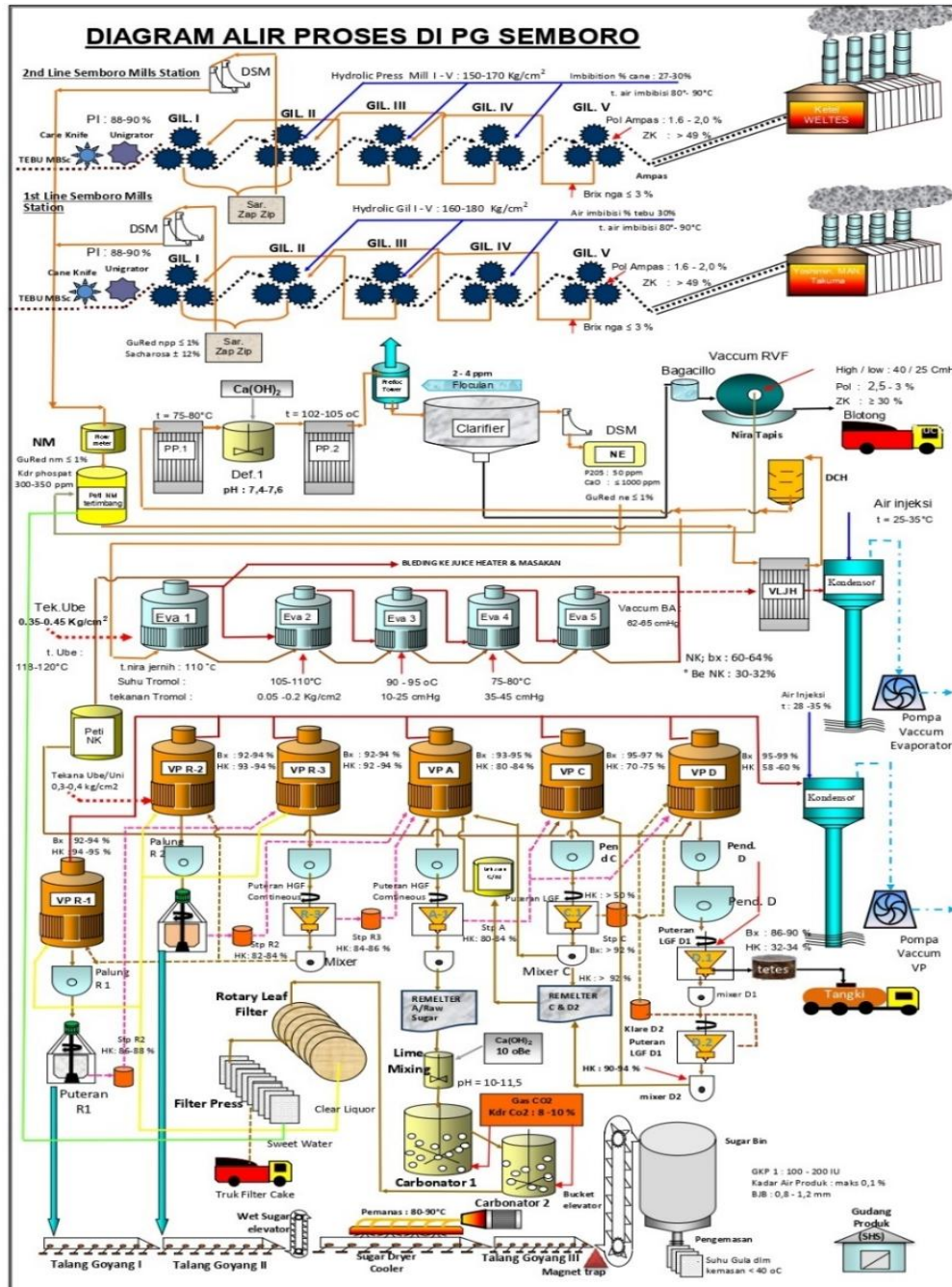
Di pabrik PG Semboro terdapat 2 turbin generator yaitu dengan kapasitas output daya maksimal sebesar 70000 kw untuk turbin generator Siemens dan turbin generator Triveni 48000 kw. Pada pengoperasian turbin generator pasti ada ketidakstabilan suplay daya yang disebabkan naik turunnya beban listrik pada generator. Di PG Semboro dituntut untuk pengoperasiannya harus stabil, walaupun dilapangan pembebanan generator mengalami kenaikan atau penurunan (fluktuasi beban) di kisaran 300 kw itu terjadi dikarenakan faktor sebagai berikut:

1. Beban elektro motor gilingan, jika bahan baku tebu yang di giling melebihi standart maka beban motor akan naik
2. Beban elektro motor High Grade Centrifugal (HGC) di saat perpindahan kecepatan di putaran rendah, sedang, dan tinggi.

Pada saat terjadi beban lebih atau suplai uap kurang, maka governor akan terbuka 100% dan apabila beban tidak segera di kurangi akan menyebabkan putaran turbin generator melambat, sehingga dari segi elektrik generator akan mengalami under frekuensi dan mengakibatkan generator trip, tetapi gear box masih berputar 50 rpm. Toleransi 7 – 10% dari frekuensi kerja 50 Hz.

(Setiani, 2022)

II.6 Flowsheet Diagram Proses Produksi Gula PG.Semboro



Gambar II. 3 Diagram Alir Proses PG. Semboro

Program Studi S-1 Teknik Kimia

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur