



**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN ALAT
VAPOUR LINE JUICE HEATER (VLJH)
DI STASIUN PEMURNIAN
(STUDI KASUS PABRIK GULA PRADJEKAN)**

SKRIPSI

Oleh :
Fitri Wulandari
NIM 201710301080

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JEMBER
2024**



**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN ALAT
VAPOUR LINE JUICE HEATER (VLJH)
DI STASIUN PEMURNIAN
(STUDI KASUS PABRIK GULA PRAJEKAN)**

Diajukan untuk memenuhi tugas akhir sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana (S1) pada program studi Teknologi Industri Pertanian

SKRIPSI

Oleh:
Fitri Wulandari
NIM 201710301080

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
JEMBER
2024**

LEMBAR PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Allah SWT sebagai tanda syukur atas segala rahmat limpahan ilmu, serta kelancaran yang diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini
2. Kedua orang tua saya, Papa H. Ir. Imam Cipto Suyitno, MM dan Mama tercinta Hj. Ir. Lely Herawati yang selalu memberi dukungan dan do'a
3. Diri sendiri, Fitri Wulandari yang telah berjuang keras dalam menyelesaikan tugas akhir
4. Keluarga besar Musannip Sipa dan keluarga besar Mochammad Thojib yang selalu memberi semangat dan do'a nya
5. Dosen pembimbing saya Ibu Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng., IPM dan Bapak Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si. yang senantiasa sabar dalam memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi hingga selesai
6. Dosen penguji saya Bapak Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si., IPM dan Bapak Dio Prananta Rois, S.T. yang telah membantu memberian evaluasi, saran, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi hingga selesai
7. Pihak Pabrik Gula Pradjekan yang telah bersedia dalam memberikan informasi yang dibutuhkan untuk kelancaran penyusunan skripsi
8. Dosen – dosen yang telah meluangkan waktu, membagi ilmu, dan memberi semangat selama penulis menyelesaikan tugas akhir
9. Keluarga besar Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember Angkatan 2020 yang telah memberikan semangat dan bantuannya dari awal perkuliahan hingga selesai
10. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Paling penting usaha. Kalau kita usaha maksimal, insyaAllah Allah akan membalas sesuai dengan usaha kita selama kita konsisten sesuai koridornya. Jadi selama kita usaha maksimal dengan diiringi berdoa pasti Allah akan membalas usaha kita”

(dr. Mochamad Fatchi)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fitri Wulandari

NIM : 201710301080

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Teknis dan Ekonomis Penggunaan Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di Stasiun Pemurnian (Studi Kasus Pabrik Gula Pradjekan)” adalah benar – benar hasil karya saya sendiri kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kesalahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Januari 2024

Yang menyatakan,

Fitri Wulandari

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul *Analisis Teknis dan Ekonomis Penggunaan Alat Vapour Line Juice Heater (VLJH) di Stasiun Pemurnian (Studi Kasus Pabrik Gula Prajekan)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 19 Januari 2024

Tempat : Teknologi Industri Pertanian, Universitas Jember

Pembimbing

1. Pembimbing Utama Tanda Tangan

Nama : Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng., IPM

NIP : 197107311997022001 (.....)

2. Pembimbing Anggota Tanda Tangan

Nama : Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si.

NIP : 198204222005011002 (.....)

Penguji

1. Penguji Utama Tanda Tangan

Nama : Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si., IPM

NIP : 197207301999031001 (.....)

2. Penguji Anggota Tanda Tangan

Nama : Dio Prananta Rois, S.T

NPP : (.....)

ABSTRACT

One of the sugar factories operated by a State-Owned Enterprise (BUMN) is Pradjekan Sugar Factory, which is a part of Sinergi Gula Nusantara LTD (PT SGN), a company based in the East Java regency of Bondowoso. Pradjekan Sugar Factory is well known that an industry that generates its own energy from bagasse, a by product of milling sugarcane, at the Boiler Station. The Turbine Alternator (TA), which produces electricity, is powered by steam from the Boiler Station. Exhaust steam is also utilised in the sugar production and refining processes. Efficiency in the use of steam is necessary because it is used extensively in the production of sugar and to generate electricity. Vapour Line Juice Heater (VLJH) was installed and used at the purification Station by Pradjekan Sugar Factory to optimise steam usage. By using incondesable gas from the final body evaporator, VLJH helps to raise the temperature of raw juice before it is sent to the Juice Heater 1. The final body evaporator incondesable gas was often released by cooling it through a condenser before the VLJH.

The results of the technical analysis of the use of VLJH at the Refining Station show that the use of VLJH can reduce the use of steam by 2.49 tonnes/hour or equivalent to the use of 341.10 tonnes of bagasse worth IDR 170,547,765 for 120 days. The investment was evaluated using the Payback Period (PP), Internal Rate of Return (IRR), and Net Present Value (NPV) techniques. The analysis revealed that the value of IDR 441,981,119 for the NPV > 0 . Additionally, the IRR value of 53.98% $> 12\%$ was calculated, indicating that the installation of VLJH yielded a higher rate of return on investment than the highest interest rate assumption. The PP value was calculated for 1.47 years based on the 8-year economic life of the VLJH. The NPV, IRR, and PP indicate that it is feasible to keep using VLJH.

RINGKASAN

Pabrik Gula (PG) Pradjekan merupakan salah satu pabrik gula di bawah naungan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang tergabung di PT Sinergi Gula Nusantara (PT SGN) yang terletak di Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. PG Pradjekan dikenal sebagai industri yang memasok energinya sendiri yang berasal dari hasil samping penggilingan tebu berupa Ampas tebu (*Bagasse*) di Stasiun Boiler. Uap dari Stasiun Boiler digunakan untuk menggerakkan Turbin Alternator (TA) yang menghasilkan tenaga listrik dan uap bekas yang digunakan di proses pemurnian serta proses produksi gula. Penggunaan uap untuk pembangkit listrik dan proses produksi gula dibutuhkan jumlah yang sangat besar sehingga diperlukan efisiensi dalam penggunaan uap tersebut. Untuk mengefisienkan penggunaan uap, PG Pradjekan memasang dan menggunakan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di Stasiun Pemurnian. VLJH berfungsi untuk menaikkan suhu nira mentah sebelum ke Pemanas Pendahuluan 1 (*Juice Heater 1*) dengan memanfaatkan uap buangan dari evaporator badan akhir. Sebelum adanya VLJH, uap evaporator badan akhir biasanya dibuang dengan didinginkan melalui kondensor.

Hasil penelitian analisa teknis penggunaan VLJH di Stasiun Pemurnian menunjukkan bahwa penggunaan VLJH dapat menurunkan penggunaan uap sebesar 2,49 ton/jam atau setara penggunaan ampas 341,10 Ton yang senilai Rp170.547.765 selama 120 hari. Parameter yang digunakan untuk meninjau investasi tersebut menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PP). Dari analisa yang didapatkan bahwa nilai NPV > 0 sebesar Rp441.981.119, perhitungan nilai IRR 53,98% > 12% yang berarti bahwa tingkat pengembalian investasi pemasangan VLJH ini lebih besar dari asumsi tingkat suku bunga tertinggi dan perhitungan nilai PP selama 1,47 tahun dari umur ekonomis VLJH selama 8 tahun. Dilihat dari NPV, IRR, dan PP maka penggunaan VLJH ini layak untuk dilanjutkan.

PRAKATA

Dengan segala puji syukur bagi Allah SWT dan atas dukungan do'a dari orang tercinta, akhirnya Skripsi yang berjudul “Analisis Teknis dan Ekonomis Penggunaan Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di Stasiun Pemurnian (Studi Kasus Pabrik Gula Pradjekan)” dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya ucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada :

1. Allah SWT sebagai tanda syukur atas segala rahmat limpahan ilmu, serta kelancaran yang diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya, Papa H. Ir. Imam Cipto Suyitno, M.M. dan Mama tercinta Hj. Ir. Lely Herawati yang selalu memberi dukungan dan do'a
3. Diri sendiri, Fitri Wulandari yang telah berjuang keras dalam menyelesaikan tugas akhir
4. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
5. Keluarga besar Musannip Sipa dan keluarga besar Mochammad Thojib yang selalu memberi semangat dan do'a nya
6. Dosen pembimbing Utama saya Ibu Dr. Nita Kuswardhani, S.TP., M.Eng., IPM dan Dosen Pembimbing Anggota saya Bapak Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si. yang senantiasa sabar dalam memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi hingga selesai.
7. Dosen Penguji Utama saya Bapak Dr. Yuli Wibowo, S.TP., M.Si., IPM dan Penguji Anggota saya Bapak Dio Prananta Rois, S.T yang telah berkenan menguji, mengevaluasi, saran, dan motivasi selama proses skripsi
8. Bapak Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik
9. Dosen – dosen yang telah meluangkan waktu, membagi ilmu, dan memberi semangat selama penulis menyelesaikan tugas akhir

10. Bapak Ir. Mahindan Andawijaya selaku General Manager Pabrik Gula Pradjekan dan Bapak R. Chandra Sakti Widjaja, S.T. selaku Manager Pengolahan Pabrik Gula Pradjekan
11. Pembimbing lapang Bapak Dio Prananta Rois, S.T yang telah memberikan ilmunya kepada saya dalam membantu proses magang dan skripsi saya
12. Pihak Pabrik Gula Pradjekan yang telah bersedia dalam memberikan informasi yang dibutuhkan untuk kelancaran penyusunan skripsi
13. Sahabat yang telah menemani dari masa mahasiswa baru hingga saat ini Nur Hayati, Ni'matul Mufarohah, Firdatul Jannah, Dwi Aji Pangestu terima kasih telah memberikan semangat, dukungan, dan menemani selama proses pembuatan skripsi ini
14. Sahabat sekaligus tim magang Nur Hayati, Yusriyyah Vika Rahmadhani, Shinta Pramudita, Tiara Dwi Kusuma Putri yang memberikan semangat dan dukungan dalam penulisan tugas akhir ini
15. Tim Program Mahasiswa Berdesa (PROMAHADESA) Achmad Shorfi Aldini, Ferdinand Simanjuntak, Nur Hayati, Zuhul Febrian, Dian Nur Fauziyah, Larissa Nathania Marella, Ahmad Rafid Zuhdi, Ahmad Nurul Azis, Anika Ratnawati yang telah menjadi keluarga baru, memberikan semangat, dukungan dan cintanya dalam penulisan tugas akhir ini
16. Keluarga besar Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember Angkatan 2020 yang telah memberikan semangat dan bantuannya dari awal perkuliahan hingga selesai

Jember, 19 Januari 2024

Fitri Wulandari

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSEMBAHAN	i
MOTTO	ii
PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
ABSTRACT	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gula.....	5
2.2 Stasiun Pemurnian	6
2.3 Vapour Line Juice Heather (VLJH)	8
2.4 Perpindahan Panas	9
2.5 Analisa Ekonomi.....	10
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	13
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	14
3.5 Metode Analisis Data.....	14
BAB 4. PEMBAHASAN	17
4.1 Proses Produksi dan Alur Pemanfaatan Uap di Stasiun Penguapan	17

4.1.1	Prsoses Produksi Gula Kristal Putih (GKP).....	17
4.1.2	Alur Pemanfaatan Uap Evaporator pada Stasiun Penguapan	24
4.2	Efisiensi Energi Dalam Penggunaan <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH).....	26
4.2.1	Penggunaan Alat <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH)	26
4.2.2	Kajian Teknis Kebutuhan Uap Pemasangan Alat <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH)	28
4.3	Pemanfaatan Penggunaan <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH) Berkaitan dengan Penghematan Bahan Bakar.....	32
4.3.1	Perbandingan Kebutuhan Ampas dengan Uap Bekas Tanpa <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH) dan dengan <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH)....	32
4.4	Perhitungan Kelayakan Ekonomi Terkait Pemasangan <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH)	34
4.4.1	Perhitungan <i>Net Present Value</i> (NPV)	34
4.4.2	Perhitungan <i>Internal Rate of Returns</i> (IRR)	35
4.4.3	Perhitungan <i>Payback Period</i> (PP)	36
BAB 5.	PENUTUP.....	37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....		38
LAMPIRAN.....		41

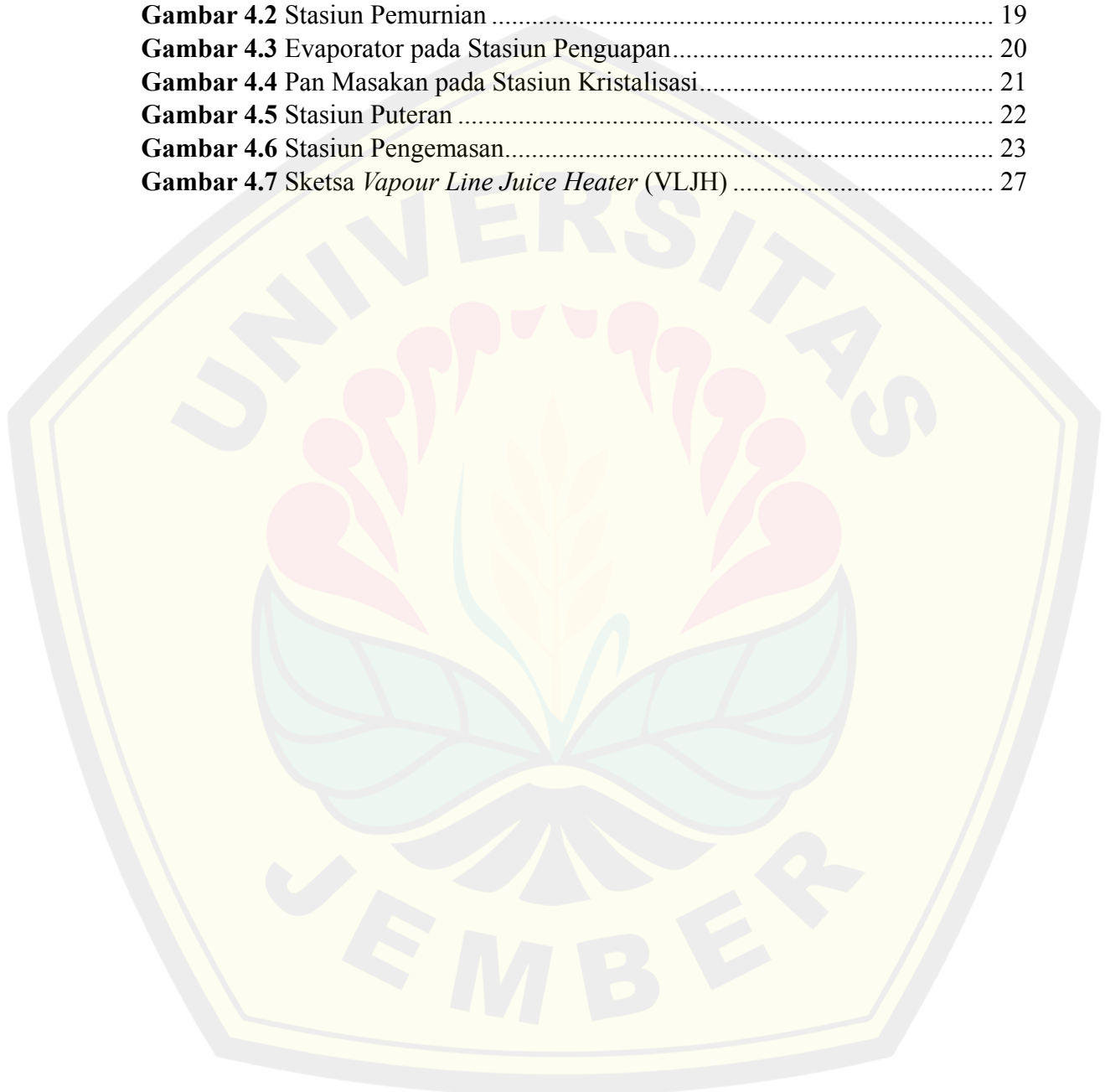
DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kebutuhan uap (uap bekas dan uap nira I) tanpa VLJH	29
Tabel 4.2 Kebutuhan uap <i>Bleeding</i> UNI 1 ke <i>Vacuum Pan</i> tanpa VLJH	29
Tabel 4.3 Kebutuhan uap (uap bekas dan uap nira I) dengan VLJH	30
Tabel 4.4 Kebutuhan uap <i>Bleeding</i> UNI 1 ke <i>Vacuum Pan</i> dengan VLJH.....	31
Tabel 4.5 Data Ekonomi Penggunaan VLJH.....	34



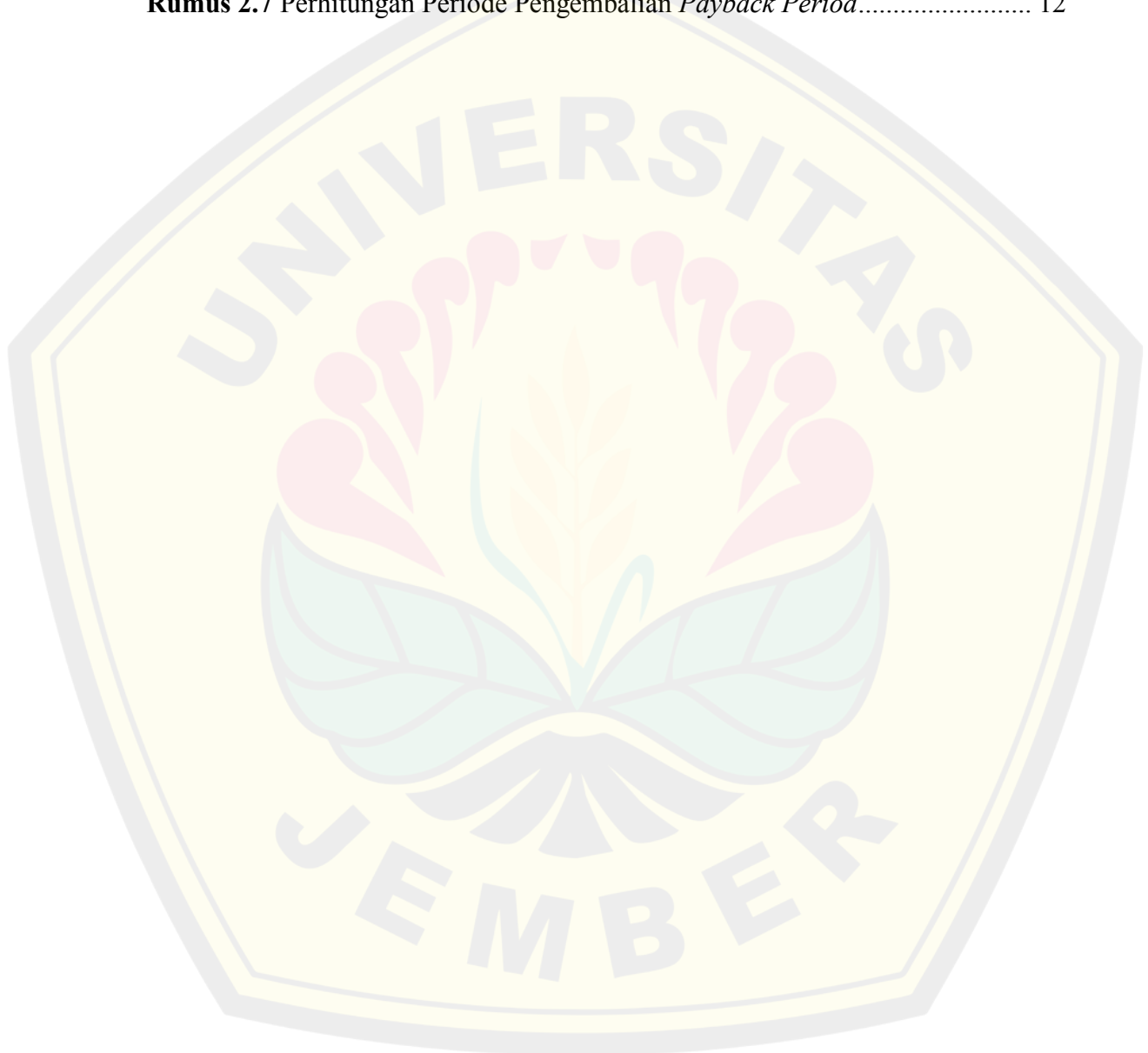
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gula Kristal Putih	5
Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Stasiun Pemurnian.....	6
Gambar 2.3 Vapour Line Juice Heater (VLJH)	9
Gambar 4.1 Stasiun Gilingan.....	17
Gambar 4.2 Stasiun Pemurnian	19
Gambar 4.3 Evaporator pada Stasiun Penguapan.....	20
Gambar 4.4 Pan Masakan pada Stasiun Kristalisasi.....	21
Gambar 4.5 Stasiun Puteran	22
Gambar 4.6 Stasiun Pengemasan.....	23
Gambar 4.7 Sketsa <i>Vapour Line Juice Heater</i> (VLJH)	27



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Perhitungan Pindah Panas Konduksi	9
Rumus 2.2 Perhitungan Persamaan Pindah Panas Konduksi	9
Rumus 2.3 Perhitungan Pindah Panas Konveksi	10
Rumus 2.4 Perhitungan Pindah Panas Radiasi.....	10
Rumus 2.5 Perhitungan <i>Nett Present Value</i>	11
Rumus 2.6 Perhitungan <i>Internal Rate of Return</i>	11
Rumus 2.7 Perhitungan Periode Pengembalian <i>Payback Period</i>	12



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Syarat mutu gula kristal putih	41
Lampiran 2. Tahapan Penelitian	42
Lampiran 3. Rumus Perhitungan Teknis.....	43
Lampiran 4. Perbandingan Kebutuhan Ampas Dengan Uap Bekas Tanpa Vapour Line Juice Heater (VLJH) dan dengan Vapour Line Juice Heater (VLJH).....	46
Lampiran 5. Perhitungan Kelayakan Ekonomi Terkait Pemasangan Vapour Line Juice Heater (VLJH)	47
Lampiran 6. Proses Produksi Gula Kristal Putih	48
Lampiran 7. Alur Sederhana Proses Produksi	50
Lampiran 8. Diagram Alur Pemakaian Uap.....	51
Lampiran 9. Tabel Data Teknis Kebutuhan Uap	52
Lampiran 10. Perhitungan Kebutuhan Uap	53
Lampiran 11. Tabel Kebutuhan Ampas Dengan Uap Bekas tanpa VLJH dan dengan VLJH	57
Lampiran 12. Perhitungan Kebutuhan Ampas Tanpa VLJH dan Dengan VLJH.....	58
Lampiran 13. Tabel Cash Flow Pemasangan Alat Vapour Line Juice Heater (VLJH)	59
Lampiran 14. Tabel Hasil Perhitungan NPV	60
Lampiran 15. Tabel Perhitungan Internal Rate of Returns (IRR).....	64
Lampiran 16. Tabel Perhitungan Payback Periode (PP)	69
Lampiran 17. Alat Vapour Line Juice Heater.....	71
Lampiran 18. Surat Izin Penelitian	72

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara agraris terbesar di dunia setelah Brazil, dari 27% zona tropis di dunia, Indonesia memiliki 11% wilayah tropis yang dapat ditanami dan dibudidayakan setiap tahunnya (Delima *et al.*, 2016). Indonesia termasuk negara yang memiliki sektor pertanian dan perkebunan cukup luas. Perkembangan industri dibidang tersebut juga banyak mengalami peningkatan, terutama pada sektor perkebunan tebu. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, luas perkebunan tebu di Indonesia mencapai 488.900 hektare (ha) pada 2022. Luas tersebut meningkat 8,88% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebesar 449.008 hektare (ha). Perkebunan tebu terluas terdapat di wilayah Jawa Timur yang mencapai 218.200 hektare (ha). Saat ini pemanfaatan tebu selalu diidentikkan dengan perkembangan industri gula. Menurut Lukito *et al.*, (2019) bahwa kinerja industri gula nasional tidak bisa dilepaskan dari situasi dan kondisi industri gula di Jawa Timur sebagai penghasil utama gula di Indonesia, sekitar 41% total produksi gula nasional atau 74% total produksi gula berasal dari Jawa Timur.

Pabrik Gula (PG) Pradjekan adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) agribisnis perkebunan dengan *core business* gula yang dinaungi oleh PT. Sinergi Gula Nusantara. PG Pradjekan memiliki kapasitas giling 3300 TCD (*Ton Cane/Day*) dengan menggunakan sistem penguapan *Quintuple Effect* dan skema masak dengan 3 tingkat yaitu masakan A, masakan C, dan masakan D. PG Pradjekan merupakan perusahaan penghasil gula kristal yang dihasilkan dari nira tebu yang dicampur dengan air dan komponen lainnya melalui beberapa proses. Proses tersebut melewati 6 stasiun yaitu stasiun penggilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan, stasiun pendingin, dan stasiun puteran dan 1 stasiun pendukung yaitu stasiun boiler (pembangkit). PG Pradjekan dikenal sebagai industri yang memasok energinya sendiri (*Self Sufficiency Energy*) karena energi yang diperlukan untuk mengolah tebu menjadi gula berasal dari biomassa tebu.

Hal ini dianggap paling efisien jika dapat memenuhi konsumsi energi tanpa harus menambahkan bahan bakar selain dari ampas (*bagasse*) (Rifai & Budiman, 2015)

Hasil observasi dan wawancara dengan beberapa karyawan PG Pradjekan pada proses produksi, diketahui penggunaan energi yang digunakan dalam jumlah besar. Sehingga adanya penggunaan energi yang cukup besar bisa berdampak pada penggunaan bahan bakar ampas (*bagasse*) yang tidak efisien. Terdapat indikator penyebab penggunaan energi yang cukup besar pada proses produksinya, ditinjau dari kondisi umur pabrik dan peralatan yang sudah cukup lama digunakan sejak masa penjajahan Belanda. Hal tersebut berdampak pada penurunan kinerja alat dalam sistem prosesnya terutama pada jumlah uap panas yang hilang (Krido, 2016). Uap panas yang hilang dalam proses produksi salah satunya pada saat pembuangan uap di badan akhir evaporator dengan suhu uap panas berkisar 60–65°C. Sehingga menyebabkan adanya kenaikan biaya produksi dan perlu dilakukan pemanfaatan uap melalui perbaikan kinerja alat untuk dipergunakan secara optimal (Wahono, 2015). Dengan kondisi tersebut PG Pradjekan pada tahun 2022 melakukan pemanfaatan alat dan uap buangan secara optimal dengan menerapkan penggunaan alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dan *Dirrect Contact Heater* (DCH). Kedua alat tersebut bertujuan untuk menaikkan suhu nira sebelum dipanaskan di badan pemanas (*Juice Heater I*).

PG Pradjekan memasang dan menggunakan peralatan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di Stasiun Pemurnian yang menggunakan uap panas hasil pembuangan badan akhir evaporator. Cara kerja alat VLJH hampir sama dengan prinsip kerja *Juice Heater*. VLJH memiliki fungsi menaikkan suhu nira mentah gilingan (30°C) yang akan masuk ke dalam peti nira mentah tertimbang, diharapkan suhu nira mentah gilingan dapat naik sebesar 10–15°C. Sehingga dengan adanya pemasangan alat VLJH, penggunaan energi yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan tanpa alat VLJH. Hal ini berpengaruh terhadap efisiensi teknis dan nilai ekonomis penghematan bahan bakar yang digunakan dalam proses produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah diuraikan di atas, adapun rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana efisiensi energi yang diperoleh dalam penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di PG Pradjekan?
2. Bagaimana manfaat penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di PG Pradjekan berkaitan dengan penghematan bahan bakar?
3. Bagaimana analisa kelayakan ekonomi terkait penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di PG Pradjekan?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah di atas, adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi efektifitas dan efisiensi energi yang didapatkan dalam penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)
2. Menghitung nilai ekonomis penghematan bahan bakar yang digunakan dengan penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)
3. Menganalisis gambaran tentang kelayakan penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dari nilai ekonomi yang didapatkan

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilaksanakannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan bagi industri pabrik gula, yaitu :

1. Manfaat Peneliti
Menambah wawasan ilmu mengenai penghematan dan pemanfaatan energi baru pada industri gula; dan Memperoleh pengalaman praktis dalam mempraktikan teori yang pernah didapatkan selama perkuliahan.
2. Manfaat Masyarakat
Mengetahui seberapa besar penurunan suhu air jatuhnya injeksi sehingga air tersebut dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar; dan Mengurangi efek rumah kaca yang diakibatkan oleh kegiatan industri

3. Manfaat Industri

Menjadikan industri yang lebih ramah lingkungan; dan Menghasilkan penghematan untuk konsumsi bahan bakar bagi industri

1.5 Batasan Masalah

Agar permasalahan mudah dipahami dan terarah sesuai perumusan yang telah di tetapkan, maka batasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya mencakup bagian proses pemurnian dan proses penguapan produksi PG Pradjekan.
2. Penelitian ini hanya fokus pada suhu nira sebelum dan sesudah melalui *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)
3. Penelitian ini mengkaji analisa teknis dan ekonomis yang mencakup perhitungan penghematan bahan bakar dengan adanya pemanfaatan gas buang evaporator badan akhir. Penghematan dihitung dari pemakaian bahan bakar tahun sebelumnya dengan tahun sekarang
4. Penelitian ini mencakup perhitungan analisa kelayakan ekonomi terkait penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gula

Gula Kristal Putih (GKP) merupakan bahan pemanis alami dari bahan baku tebu atau bit yang digunakan untuk keperluan konsumsi rumah tangga maupun untuk bahan baku industri pangan. Manfaat gula di samping sebagai sumber kalori, yang dapat menjadi alternatif sumber energi dan di sisi lainnya gula juga dapat berfungsi sebagai bahan pengawet dan tidak membahayakan kesehatan konsumen (Kadar *et al.*, 2022). Oleh sebab itu gula menjadi salah satu kebutuhan pokok yang cukup strategis bagi masyarakat Indonesia. Gambar gula kristal putih dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Gula Kristal Putih

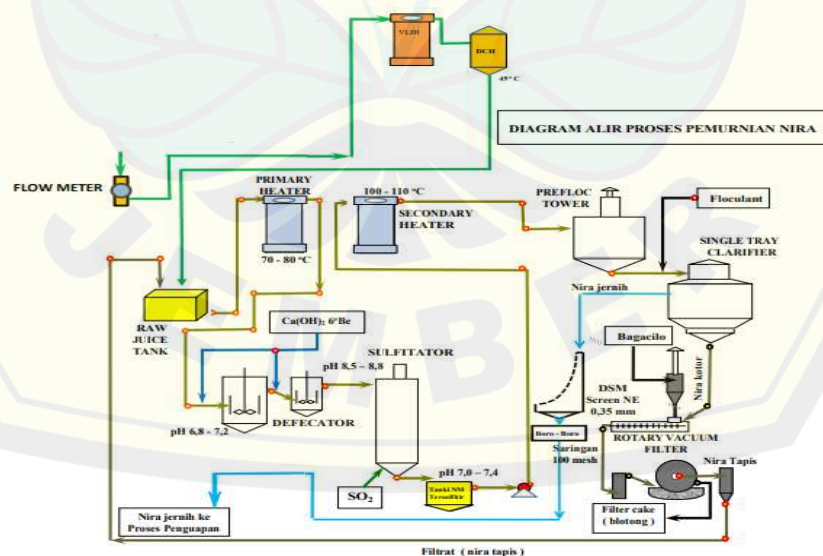
Gula Kristal Putih (GKP) mengandung 99,9% sakrosa murni, dimana sakrosa adalah gula tebu yang telah dibersihkan. Sukrosa atau sakarosa adalah zat disakarida yang pada hidrolisa menghasilkan glukosa dan fruktosa. Menurut Rahmawati *et al.*, (2015), Gula sederhana seperti glukosa (yang diproduksi dari sukrosa dengan enzim atau hidrolisis asam), menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Selain sebagai pemberi rasa manis gula juga digunakan sebagai bahan pengawet karena gula memiliki sifat higroskopis. Higroskopis adalah kemampuan gula menyerap air dalam bahan pangan sehingga memperpanjang daya simpan (Ropiudin, 2023). Bentuk kristalnya adalah monoklin, yang merupakan kristal yang tidak berwarna dan bebas air. Viskositasnya naik apabila kadar gula naik dan sebaliknya (Mulyakin, 2020).

GKP memiliki nilai ICUMSA antara 250-450 IU. Semakin tinggi nilai ICUMSA maka semakin coklat warna dari gula tersebut serta rasanya semakin

manis. Jika gula yang diproduksi oleh Pabrik Gula Pradjean tidak masuk dalam kriteria GKP 1 dan GKP 2, maka gula tidak layak dipasarkan. Matrik perbedaan SNI Gula Kristal Putih (GKP) antara SNI 3140-3:2010/amandemen 1:2011 dan SNI 3140-3:2020 (Syska, 2023) dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Standar kualitas gula pasir ditentukan oleh nilai polarisasi, kadar abu, kadar air, dan kadar gula reduksi. Apabila kadar gula reduksi tinggi maka nilai polarisasi tidak menunjukkan jumlah sukrosa yang terdapat dalam gula dan menunjukkan kualitas gula rendah sehingga lebih mudah rusak (Mulyakin, 2020).

2.2 Stasiun Pemurnian

Nira mentah terdiri atas beberapa komponen antara lain sukrosa dan kotoran yang berupa partikel-partikel seperti tanah, kotoran ampas dan sebagainya. Tujuan utama dari pemurnian adalah untuk menghilangkan atau membuang zat-zat organik dan anorganik bukan gula dengan cara kimia fisika. Proses ini membuat endapan yang akan menyerap (absorpsi) kotoran melalui reaksi kimia serta pemisahan secara fisis seperti pengendapan dan penyaringan sehingga diperoleh sukrosa dengan kadar tinggi dan mencegah terjadinya kerusakan sukrosa dan pereduksi (monosakarida) (Ramadhan *et al.*, 2022). Diagram alir proses stasiun pemurnian dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Diagram Alir Proses Stasiun Pemurnian

Sistem pemurnian di PG Pradjekan adalah sistem Sulfitasi yaitu penambahan gas SO_2 sebanyak dua kali pada sulfitir nira mentah dan sulfitir nira kental. Nira mentah yang telah tersaring dari stasiun gilingan dipompa ke *Flowmeter* untuk diketahui beratnya dan dialirkan ke peti transfer. Nira dipompa menuju VLJH (*Vapour Line Juice Heater*) untuk dinaikkan temperaturnya, yang awalnya nira masuk bersuhu 30°C menjadi suhu 45°C . Nira dialirkan menuju peti nira mentah tertimbang, lalu masuk ke Pemanas Pendahuluan I (*Juice Heater I*) hingga suhu 75°C . Nira masuk ke Defekator I untuk ditambahkan susu kapur berkonsentrasi 60 Be (Beume) ketika telah mencapai temperatur yang sudah ditargetkan agar terbentuk inti endapan kotoran. Susu kapur pada defekator I sampai pH = 7,0 - 7,3 dan defekator II sampai pH = 8,5- 8,7.

Nira yang telah bereaksi dengan susu kapur ini bersifat alkalis dan perlu dinetralkan guna menghindari terjadinya kerusakan gula reduksi, nira hasil defekasi kemudian dialirkan ke bejana sulfitir untuk dihembuskan gas SO_2 dari dapur belerang dengan suhu 80°C hingga pH nira menurun sampai 7,0 - 7,4. dengan tujuan menetralkan kelebihan susu kapur dan untuk membentuk endapan kalsium sulfit (CaSO_3) yang terbentuk karena adanya reaksi antara susu kapur (CaOH_2) dengan gas SO_2 (Wijiani *et al.*, 2022). Garam CaSO_3 yang terbentuk akan mengikat kotoran – kotoran yang akhirnya mengendap, dan SO_2 juga dapat mereduksi senyawa ferry (Fe^{+3}) menjadi ferro (Fe^{+2}) dari warna coklat menjadi tidak berwarna. Sulfitasi pH harus terkontrol agar tidak terlalu asam karena dapat menyebabkan inversi sukrosa, di PG Pradjekan pengontrolan pH defekator I, defekator II dan nira mentah tersulfitir menggunakan control pH meter sistem digital.

Nira dialirkan ke peti nira mentah tersulfitir, dan kemudian dipompa menuju Pemanas Pendahuluan II (*Juice Heater II*) sampai mencapai temperatur 105°C – 110°C . Nira dialirkan ke bejana *Prefloc Tower* yang berfungsi mengeluarkan gas-gas yang terdapat dalam nira karena gas-gas tersebut dapat mempersulit pengendapan. Nira yang dialirkan pada *Prefloc Tower* terdapat penambahan flokulan/senyawa kimia bermuatan negatif sebanyak 3 ppm yang dapat membentuk ikatan zat bukan gula yang terdapat didalam nira berupa rantai mudah

mengendap, bertujuan pengendapan dapat dipercepat sehingga dalam proses pemurnian yang diperoleh akan lebih baik.

Nira yang keluar dari *Prefloc Tower* dialirkan ke peti pengendapan (*Single Tray Clarifier*) dan dapat dipisahkan dengan kotoran sehingga diperoleh nira jernih dan nira kotor. Nira kotor dipompa menuju *Mud Mixer* kemudian dicampur dengan ampas halus (*bagacillo*) dan dialirkan ke RVF (*Rotary Vacuum Filter*) untuk dipisahkan antara kotoran padat (Blotong) dan kotoran cair (nira tapis), blotong dikeluarkan dari pabrik dan nira tapisan dikembalikan ke peti nira mentah tertimbang. Nira jernih yang diperoleh mempunyai kekentalan brix 14 – 16% dan dialirkan ke DSM Screen dengan ukuran saringan 0,35 mm kemudian dilanjutkan ke saringan boro – boro dengan ukuran 100 mesh. Nira jernih hasil saringan selanjutnya dialirkan ke tangka nira encer untuk selanjutnya dilakukan proses penguapan.

2.3 Vapour Line Juice Heater (VLJH)

Vapour Line Juice Heater (VLJH) merupakan alat pemanas yang digunakan untuk menaikkan temperature nira sebelum masuk ke Pemanas Pendahuluan I agar kerja dari Pemanas Pendahuluan I menjadi lebih ringan. Alat VLJH mempunyai prinsip kerja mirip dengan *Juice Heater*. Pemasangan VLJH juga memiliki tujuan untuk pemanfaatan energi, dimana uap yang digunakan untuk memanaskan nira berasal dari badan evaporator terakhir yang akan dibuang ke kondensor. Hal ini karena adanya keuntungan kenaikan suhu nira dari 30°C menjadi 40 – 45°C. VLJH memiliki prinsip kerja dengan cara nira masuk melalui pipa dan turun ke bawah, pada saat nira mulai masuk ke badan VLJH dan akan keluar lagi proses pemanasan terjadi dengan cara ditabrakan dengan uap saat uap pemanas masuk melalui pipa uap. Suhu uap yang masuk lebih besar, maka akan terjadi proses pemindahan panas dan uap panas mengalami kondensasi. Hasil peristiwa ini akan mengakibatkan nira menjadi naik suhunya sedangkan yang lain terbentuk air kondensat yang dapat digunakan keperluan air pengisi boiler atau air proses (Wahono, 2015). Sketsa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dapat dilihat pada **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 *Vapour Line Juice Heater (VLJH)*

Vapour Line Juice Heater (VLJH) memiliki kinerja alat yang sama dengan *Juice Heater*. Prinsip kerja *Juice Heater* menggunakan cara pertukaran panas atau perpindahan panas secara konduksi dan konveksi dari alat ke media yang dipanaskan, dengan tujuan membunuh bakteri yang terdapat dalam nira yang membuat nira menjadi asam.

2.4 Perpindahan Panas

2.4.1 Konduksi

Sifat konduksi pada suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian suhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Menurut Tekanan *et al.*, (2014) dalam hal ini energi berpindah secara konduksi (*conduction*) atau hantaran dan laju perpindahan kalor berbanding dengan gradien suhu normal dengan rumus :

$$\frac{q}{A} = \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots (2.1)$$

Maka didapatkan persamaan pindah panas konduksi dengan persamaan sebagai berikut :

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

q = laju kalor

k = koefisien konduktivitas bahan

T = suhu

x = tebal bahan yang dilalui panas

2.4.2 Konveksi

Perpindahan kalor konveksi bergantung pada viskositas fluida, disamping ketergantungannya kepada sifat – sifat termal fluida seperti konduktivitas termal, kalor spesifik, dan densitas. Hal ini karena viskositas mempengaruhi profil kecepatan sehingga mempengaruhi laju kecepatan energi (Material *et al.*, 2023).

Persamaan dasar untuk menghitung pindah panas secara konveksi adalah:

$$q = hA(T_s - T_\infty) \dots\dots\dots (2.3)$$

2.4.3 Radiasi

Radiasi yaitu mengalirnya panas dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Menurut Lubis & Lubis (2022) hukum termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*black body*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan, dengan menggunakan rumus :

$$q = \sigma AT^4 \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5 Analisa Ekonomi

Analisis ekonomi adalah metode penelitian dan evaluasi yang digunakan untuk memahami dan menginterpretasikan data ekonomi. Tujuannya adalah untuk membuat perkiraan dan ramalan tentang kinerja ekonomi di masa depan. Analisis ekonomi melibatkan penggunaan konsep ekonomi, teori, dan metode statistik untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasi data ekonomi. Berikut merupakan pembiayaan yang ditinjau dari analisis ekonomi yaitu :

2.5.1 Analisis *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) merupakan selisih antara NPV dari benefit (Pendapatan) dan NPV dari *cost*. Untuk menentukan NPV tersebut harus ditetapkan dahulu *discount rate* (Kusuma *et al.*, 2014). Dasar dari NPV adalah bahwa dari semua penerimaan atau pembayaran mendatang yang berhubungan dengan suatu investasi dirubah ke nilai sekarang dengan menggunakan suatu

tingkat suku bunga, yang menunjukkan biaya uang yang terlibat atau tingkat pengembalian yang pantas untuk uang tersebut.

$$NPV = -I + Ab \left(\frac{P}{A}, i, n \right) - Ac \left(\frac{P}{A}, i, n \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- NPV = *Nett Present Value*
- NCF = *Nett Cash Flow*
- Ab = *Annual benefit*
- Ac = *Annual cost*
- i = *Interest* (Suku bunga bank)
- n = Tahun ke-

2.5.2 Analisis *Internal Rate of Return* (IRR)

Metode *Internal Rate of Return* (IRR) adalah metode yang digunakan untuk mencari suku bunga di saat NPV sama dengan nol. Seberapa kemampuan *cash flow* dalam mengembalikan modalnya dan seberapa besar pula kewajiban yang harus dipenuhi. Kemampuan inilah yang disebut dengan *Internal Rate of Return* (IRR), sedangkan kewajiban disebut dengan *Minimum Atractive Rate of Return* (MARR). Dengan demikian, suatu rencana investasi akan dikatakan layak menguntungkan jika: $IRR > MARR$. Nilai MARR umumnya ditetapkan secara subjektif melalui suatu pertimbangan tertentu dari investasi tersebut (Abdullah, 2015).

Dengan demikian, $MARR = i + Cc + \pm$ jika Cc dan \pm tidak ada atau nol, maka $MARR = i$ (suku bunga), sehingga $MARR \geq i$. Faktor risiko dipengaruhi oleh sifat risiko dari usaha, tingkat persaingan usaha sejenis dan manajemen style pimpinan perusahaan. Oleh karena itu, nilai MARR biasanya ditetapkan secara subjektif dengan memerhatikan faktor-faktor di atas. Sementara itu, nilai IRR dihitung berdasarkan estimasi *cash flow* investasi. Adapun rumus perhitungan IRR adalah sebagai berikut:

$$IRR = \%DCF0 + \frac{Total\ DCF0}{Total\ DCF0 - Total\ DCF1} \times (\%DCF1 - \%DCF0) \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

IRR = *Internal Rate of Return*

DCF = *Discount Cast Flow*

%DCF = *Persentase Asumsi Discount Cast Flow*

2.5.3 Analisis *Payback Period* (PP)

Analisis *Payback Period* pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama periode investasi akan dapat dikembalikan saat terjadi kondisi *Break Even-Point* (Wijayanto *et al.*, 2013). Lama periode pengembalian (k) saat kondisi BEP adalah:

$$k_{(PBP)} = \sum_{t=0}^k CF_t \geq 0$$

Dimana : k = Periode Pengembalian

CF_t = *Cash Flow* periode ke t

Jika komponen *cash flow benefit* dan *cost* bersifat annual, maka menjadi:

$$k_{(PBP)} = \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual Benefit}} \times \text{periode waktu} \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk mengetahui apakah rencana suatu investasi tersebut layak ekonomis atau tidak, diperlukan suatu ukuran/kriteria tertentu. Dalam metode *Payback Period* ini rencana investasi dikatakan layak (*feasible*):

Jika : k < n dan sebaliknya ,

k = jumlah periode pengembalian ,

n = umur investasi

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan pada tanggal 10 Juli 2023 hingga 10 Januari 2024 di Pabrik Gula Pradjekan yang dinaungi oleh PT. Sinergi Gula Nusantara yang berlokasi di jalan KHR As'ad Syamsul Arifin, dengan Kode Pos 68285, Desa Pradjekan Kidul, Kecamatan Pradjekan, Kabupaten Bondowoso, Provinsi Jawa Timur.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat tulis, *handphone* digunakan untuk dokumentasi penelitian, dan laptop digunakan untuk mengolah data dengan bantuan *software Microsoft Excel* dan *Microsoft Word*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data – data ekonomi, dan data – data teknis yang diperoleh selama penelitian pada PG. Pradjekan. Data primer diperoleh dari observasi dan data sekunder diperoleh dari studi literatur dan studi lapang. Dimana data primer yang diperlukan yaitu suhu nira mentah masuk dan suhu nira mentah keluar *Vapour Line Juice Heater (VLJH)*; dan data pemakaian ampas sebelum dan sesudah operasional VLJH.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PG. Pradjekan Bondowoso yang secara umum tahapan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu : Tahap Persiapan, Tahap Pelaksanaan, Tahap Pengumpulan Data dan Tahap Analisa Data. Berikut merupakan diagram tahapan dengan penyusunan logis, sistematis, dan terstruktur yang dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengambilan data studi lapang dilakukan dengan mendatangi lokasi penelitian di PG Pradjekan yang berlokasi di Desa Pradjekan Kidul, Kabupaten Bondowoso adalah sebagai berikut :

3.4.1 Metode observasi

Penelitian ini menggunakan metode observasi dengan mengambil data pengamatan secara langsung pada objek penelitian. Pengamatan yang dimaksud berupa proses produksi, pengamatan pada alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) serta mengidentifikasi secara kajian teknis dan kelayakan ekonomis pada pemasangan alat VLJH di PG. Pradjekan.

3.4.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan sesuai prosedur penelitian yang terdiri dari Pengambilan data suhu nira sebelum dan sesudah masuk pada alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH), beban pengeluaran biaya pembakaran ampas tebu selama 1 bulan, data biaya investasi, data biaya bahan baku, kapasitas produksi, dan jenis teknologi yang digunakan.

3.4.3 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif karena dalam proses pelaksanaannya data yang digunakan berbentuk angka atau bilangan. Analisis data ini dilakukan pada PG. Pradjekan untuk mengkaji secara teknis dan ekonomis dengan pemasangan alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) yang dilakukan selama 120 hari pengamatan.

3.5 Metode Analisis Data

Penelitian ini dilakukan pada PG. Pradjekan untuk mengkaji secara teknis dan ekonomis dengan pemasangan alat VLJH. Analisis data dalam penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan rumus perhitungan Perpindahan Kalor, NCV (*Net Calories Value*), dan Analisa Kelayakan yang meliputi perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Returns* (IRR), dan *Payback Period* (PP)

3.5.1 Kebutuhan Uap (Uap Bekas dan Uap Nira 1) tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dan dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Metode analisis data dalam penelitian ini, dengan menggunakan rumus perpindahan kalor untuk mencari seberapa banyak kebutuhan uap bekas dari turbin alternator (TA) dan uap nira dari hasil penguapan Evaporator tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dan dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH). Untuk mencari kebutuhan uap tersebut menggunakan rumus dibawah ini yang bersumber dari (Ridwan *et al.*, 2022) dan dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

$$W \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (ton/jam)

Q_j = Massa benda yang menerima atau melepas kalor (Kg)

C_p = Kalor jenis zat (J/kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

λ = Panas laten

3.5.2 Perbandingan Kebutuhan Ampas Dengan Uap Bekas Tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dan dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Metode analisis data dalam penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan rumus NCV (*Nett Calories Value*) untuk kebutuhan ampas dan menghitung selisih penghematan kebutuhan bahan bakar ampas tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dan dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH). Kebutuhan ampas uap bekas tanpa VLJH dan dengan VLJH menggunakan *Nett Calories Value* (NCV). Rumus perbandingan kebutuhan ampas dengan uap bekas dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

$$NCV = 4250 - 48(100 - \text{Zat Kering Ampas}) - 10(\text{pol ampas}) \text{pol} \frac{\text{kkal}}{\text{kg}}$$

Keterangan :

Zat Kering Ampas = Kadar sabut

Pol Ampas = Kadar gula dalam ampas

3.5.3 Analisa Kelayakan Ekonomi Penggunaan Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Metode analisis data dalam penelitian ini, dilakukan dengan memberikan gambaran kelayakan yang ditinjau dari nilai ekonomi yang meliputi *Net Present Value* (NPV) untuk menghitung selisih antara NPV dari pendapatan dan NPV dari *cost*, *Internal Rate of Returns* (IRR) untuk mengetahui tingkat suku bunga di saat NPV sama dengan nol, dan *Payback Period* (PP) untuk melihat seberapa lama periode investasi akan dapat kembali modal dari pemasangan alat tersebut. Rumus analisa kelayakan ekonomi dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

a. *Net Present Value* (NPV)

$$NPV = -I + Ab \left(\frac{P}{A}, i, n \right) - Ac \left(\frac{P}{A}, i, n \right)$$

Keterangan :

NPV = *Net Present Value*

Ab = *Annual benefit*

Ac = *Annual cost*

i = *Interest* (Suku bunga bank)

n = Tahun ke-

b. *Internal Rate of Returns* (IRR)

$$IRR = \%DCF_0 + \frac{\text{Total DCF}_0}{\text{Total DCF}_0 - \text{Total DCF}_1} \times (\%DCF_1 - \%DCF_0)$$

Keterangan :

IRR = *Internal Rate of Returns*

$\%DCF_0$ = *% Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 12%)

$\%DCF_1$ = *% Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 54%)

Total DCF₀ = *Total Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 12%)

Total DCF₁ = *Total Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 54%)

c. *Payback Period* (PP)

$$PP = \frac{\text{Investasi awal}}{\text{Cash In}} \times \text{Tahun}$$

Keterangan :

PP = *Payback Period*

Cash In = *Pendapat bersih*

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Proses Produksi dan Alur Pemanfaatan Uap di Stasiun Penguapan

4.1.1 Proses Produksi Gula Kristal Putih (GKP)

PG Pradjekan adalah salah satu unit pabrik gula yang mengolah tebu menjadi GKP (Gula Kristal Putih) menggunakan bahan baku tebu dengan sistem pemurnian defekasi - sulfitasi. PG Pradjekan memiliki kapasitas giling 3300 TCD dengan sistem penguapan *Quintuple Effect* dan skema masak ACD. Diagram alur proses produksi GKP dapat dilihat pada **Lampiran 6** dan alur sederhana proses produksi dapat dilihat pada **Lampiran 7**. Menurut Aris Pasigai *et al.*, (2019) berikut merupakan alur produksi PG Pradjekan :

a.) Stasiun Gilingan

Stasiun gilingan atau stasiun pemerahan nira merupakan tempat untuk memisahkan nira dengan ampasnya, dengan tujuan utamanya yaitu pemerahan nira tebu sebanyak-banyaknya dan menekan kehilangan gula dalam ampas. Stasiun gilingan memiliki peran dalam kadar gula untuk di ekstraksi atau dilarutkan secara maksimal agar mendapatkan gula sebanyak-banyaknya dan kehilangan gula seminimal mungkin. Kerusakan sukrosa akibat terjadinya inversi akan menyebabkan penurunan rendemen dan menaikkan kandungan non sukrosa yang akan menimbulkan gangguan proses dan kapasitas pabrik.



Gambar 4.1 Stasiun Gilingan

Stasiun gilingan ini dimulai dari tebu yang akan dipindahkan dari truk tebu ke meja tebu (*Cane Table*) dengan menggunakan *Cane Crane*, kemudian tebu yang masuk ke *Cane Carrier* akan diatur dan diratakan ketinggiannya oleh *Cane*

Laveller. Upaya memaksimalkan pemerahan nira di stasiun gilingan dibutuhkan alat pendahuluan (*Cane Preparation*) dimana pada PG Pradjekan ini menggunakan 2 alat pendahuluan yaitu *Cane Knife* dan Unigrator masing-masing terdiri dari 1 unit. *Cane Knife* berfungsi untuk memotong dan mencacah tebu sampai dihasilkan ukuran yang kecil, sedangkan Unigrator berfungsi memukul dan menghancurkan batang tebu. Tebu yang sudah hancur masuk kedalam gilingan 1 untuk diperah niranya dan ampasnya akan masuk ke gilingan 2 begitu seterusnya sampai pada gilingan 5.

Hasil nira dari gilingan 1 dan 2 dinamakan dengan nira mentah dan akan masuk ke saringan zap-zip dengan diameter saringan 0,8–1 mm. Selanjutnya nira mentah masuk ke peti penampungan dan ditambahkan *pre-limiting* susu kapur 3°Be dan asam fosfat sebanyak 220-230 ppm. Tujuan dari penambahan *pre-limiting* susu kapur yaitu mengubah pH nira yang semula 3 (asam) menjadi 6 dengan bantuan susu kapur yang bersifat basa agar tidak terjadi inferensi sukrosa, sedangkan untuk penambahan asam fosfat yaitu membantu terbentuknya inti endapan. Setelah nira mentah akan dipompa menuju ke saringan DSM dengan diameter saringan 0,7 mm dan setelah itu nira mentah akan dialirkan ke stasiun pemurnian.

Hasil nira pada gilingan 3 akan dipompa ke atas untuk membasahi ampas dari gilingan 1, untuk hasil nira dari gilingan 4 digunakan untuk membasahi ampas dari gilingan 2, dan hasil nira dari gilingan 5 digunakan untuk membasahi ampas dari gilingan 3. Pada ampas gilingan 3 dan 4 akan ditambahkan air imbibisi yang bersuhu 85–90°C dengan cara menyemprotkan langsung ke sabutnya, tujuannya yaitu untuk melarutkan sukrosa yang masih tertinggal pada ampas. Ampas yang diperoleh dari gilingan 5 akan disaring terlebih dahulu untuk memisahkan antara ampas kasar dan ampas halus, dimana ampas halus akan digunakan di stasiun pemurnian dan ampas kasar akan dibawa ke *bagasse* boiler.

b.) Stasiun Pemurnian

Tujuan utama pemurnian adalah untuk menghilangkan atau membuang zat-zat organik dan anorganik bukan gula yang terdapat dalam nira mentah dengan cara kimia fisika, dengan membuat endapan yang akan menyerap kotoran melalui reaksi kimia serta pemisahan secara fisis seperti pengendapan dan penyaringan

sehingga diperoleh sukrosa dengan kadar tinggi dan mencegah terjadinya kerusakan sukrosa dan pereduksi (monosakarida).



Gambar 4.2 Stasiun Pemurnian

Sistem pemurnian di PG Pradjekan adalah sistem Sulfitasi yaitu penambahan gas SO_2 dua kali pada sulfitir nira mentah dan sulfitir nira kental. Nira mentah yang telah tersaring dari stasiun gilingan dipompa ke Flowmeter untuk diketahui beratnya dan dialirkan ke peti transfer. Selanjutnya nira dipompa menuju VLJH (*Vapour Line Juice Heater*) untuk dinaikkan temperaturnya yang awalnya nira masuk bersuhu 30°C menjadi suhu 45°C , kemudian masuk ke DCH (*Direct Contact Heater*) untuk dilakukan kontak secara langsung dengan uap panas sehingga suhu nira akan naik menjadi 55°C . Kemudian nira dialirkan menuju peti nira mentah tertimbang, dan selanjutnya akan masuk ke Pemanas Pendahuluan 1 (*Juice Heater 1*) hingga mencapai suhu 70°C - 80°C . Setelah nira telah mencapai temperatur yang sudah ditargetkan, nira masuk ke Defekator 1 untuk ditambahkan susu kapur berkonsentrasi 6°Be agar terbentuk inti endapan kotoran sehingga mudah dipisahkan. Penambahan susu kapur pada defekator 1 sampai $\text{pH} = 7,0$ - $7,3$ dan defekator 2 sampai $\text{pH} = 8,5$ - $8,7$.

Nira dialirkan ke peti nira mentah yang sudah disulfitasi, kemudian dipompa menuju Pemanas Pendahuluan (*Juice Heater*) II sampai mencapai temperatur 105°C – 110°C . Nira dialirkan ke bejana *Prefloc Tower* yang berfungsi mengeluarkan gas-gas yang terdapat dalam nira karena gas-gas tersebut dapat mempersulit pengendapan. *Prefloc Tower* terdapat penambahan flokulan/senyawa kimia bermuatan negatif sebanyak 3 ppm yang dapat membentuk ikatan zat bukan gula yang terdapat di dalam nira berupa rantai mudah mengendap, bertujuan

pengendapan dapat dipercepat sehingga dalam proses pemurnian yang diperoleh akan lebih baik.

Nira yang keluar dari *Prefloc Tower* dialirkan ke peti pengendapan (*Single Tray Clarifier*), peti pengendapan nira dapat dipisahkan dengan kotoran sehingga diperoleh nira jernih dan nira kotor. Nira kotor dipompa menuju *Mud Mixer* kemudian dicampur dengan ampas halus (*bagacillo*) kemudian dialirkan ke *Rotary Vacuum Filter (RVF)* untuk dipisahkan antara kotoran padat (Blotong) dan kotoran cair (nira tapis). Blotong dikeluarkan dari pabrik dan nira tapisan dikembalikan ke peti nira mentah tertimbang, sedangkan nira jernih yang diperoleh mempunyai kekentalan brix 14-16% dan dialirkan ke *DSM Screen* dengan ukuran saringan 0,35 mm kemudian dilanjutkan ke saringan boro – boro dengan ukuran 100 mesh. Nira jernih hasil saringan selanjutnya dialirkan ke tangki nira encer untuk selanjutnya dilakukan proses penguapan.

c.) Stasiun Penguapan

Proses penguapan bertujuan untuk menguapkan sebagian besar air yang terkandung dalam nira jernih tanpa merusak sukrosa dengan dilakukan seefisien mungkin, penguapan air di evaporator $\pm 60 - 70\%$ sehingga didapatkan brix Nira Kental 60 – 64 (30 – 32°Be). Nira jernih hasil dari pemurnian dipompa menuju Evaporator badan I, di dalam Evaporator badan I nira didalam pipa dikontakkan dengan uap panas yang berasal dari Uap Bekas dengan suhu 115°C dan tekanan 0,45 – 0,5 kg/cm, pemberian uap panas sendiri dilakukan lewat samping sehingga uap berada di sela-sela pipa sehingga nira dalam pipa yang hanya diisi 1/3 dari panjang pipa bergejolak dan akan naik ke atas pipa (secara tipis) sampai terjadi penguapan, fenomena tersebut dinamakan *Climbing Film*.



Gambar 4.3 Evaporator pada Stasiun Penguapan

Uap nira yang memenuhi bagian atas evaporator akan keluar lewat atas menuju Evaporator badan 2 untuk menguapkan nira kembali, sedangkan nira yang sudah diuapkan akan keluar lewat bawah menuju Evaporator badan 2 untuk diuapkan kembali, begitu seterusnya sampai Evaporator badan terakhir. Uap nira dari badan I dialirkan dan dipergunakan untuk pemanas nira (*Juice Heater*) dan masakan, uap inilah yang disebut dengan uap *Bleeding*. Uap dari Evaporator badan terakhir akan masuk ke VLJH terlebih dahulu untuk memanaskan nira di stasiun pemurnian dan selanjutnya akan diembunkan di kondensor dan keluar bersama dengan air jatuhan. Sedangkan untuk nira kental hasil dari Evaporator badan terakhir akan di sulfitasi kembali di Sulfitir Tower Nira Kental. Air kondensat dari Evaporator badan 1 dan 2 akan digunakan untuk air pengisi ketel karena tidak tercemar dengan gula, dan air kondensat dari Evaporator badan 3, 4, dan 5 akan digunakan untuk air proses karena sudah tercemar dengan gula.

d.) Stasiun Kristalisasi (Masakan)



Gambar 4.4 Pan Masakan pada Stasiun Kristalisasi

Tujuan dari masakan adalah untuk membentuk kristal gula. Nira kental yang dihasilkan stasiun penguapan masih mempunyai kadar air sehingga sukrosa masih dalam keadaan terlarut. Bila nira kental ini di uapkan maka akan tercapai keadaan jenuh, jika penguapan air masih terus berlanjut maka larutan menjadi sangat jenuh dan akhirnya akan terjadi pengkristalan. Proses kristalisasi di PG. Pradjekan dilakukan secara bertahap dengan menggunakan masakan bertekanan *Vacuum* 64 cm/Hg dan suhu 70°C. Dengan sistem proses kristalisasi tiga tahap masakan, yaitu masakan A, masakan C dan masakan D. Penentuan sistem masak A, C, D juga ditentukan berdasarkan Harkat Kemurnian (HK).

Pertama yaitu masakan A diperoleh dari bahan leburan gula D sebanyak 40 Hekto Liter (HL) dan gula C 20 HL yang dicampur sampai membentuk benangan,

kemudian ditambahkan nira kental tersulfiter dan *klare Superium Hoofd Suiker* (SHS) sampai volume siap potong yaitu sebanyak 400 HL. Hasil dari pan masakan A yaitu *massequite* A yang kemudian masuk ke palung pendingin. Masakan C diperoleh dari bahan nira kental tersulfiter sebanyak 40 HL dan bibitan (babonan) D 80 HL yang dicampur sampai membentuk benangan, kemudian ditambahkan *stroop* A sampai volume siap dipisah yaitu sebanyak 300 HL. Hasil dari pan masakan C yaitu *massequite* C yang kemudian masuk ke palung pendingin. Masakan D ini diperoleh dari bahan *stroop* A sebanyak 40 HL dan *fondant* sebanyak 250 cc yang dicampur sampai membentuk benangan, kemudian tambahkan *stroop* C 200 HL dan *klare* D 100 HL sampai volume siap dipisah yaitu sebanyak 400 HL. Hasil dari pan masakan D yaitu *massequite* D yang kemudian masuk ke palung pendingin.

e.) Stasiun Puteran



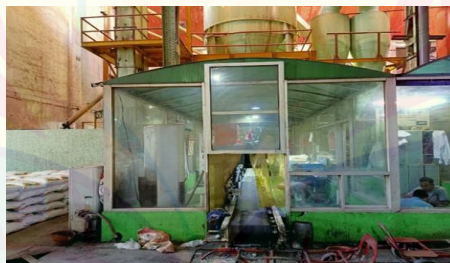
Gambar 4.5 Stasiun Puteran

Pemutaran adalah upaya memisahkan kristal gula dengan larutan yang dapat diolah kembali atau larutan yang tidak bisa diolah kembali yaitu berupa tetes. Pada PG Pradjekan hasil dari masakan mengalami 2 kali putaran yaitu putaran A1 menghasilkan gula A dan *stroop* A1 yang digunakan untuk masakan C dan D, sedangkan di putaran A2 menghasilkan Gula SHS dan klare SHS yang digunakan untuk masakan A. Untuk masakan C cukup dilakukan sekali putaran sehingga menghasilkan gula C dan *stroop* C yang digunakan untuk masakan D. Untuk masakan D dilakukan 2 kali putaran yaitu putaran D1 menghasilkan gula D1 dan tetes, sedangkan di putaran D2 menghasilkan gula D2 untuk leburan masakan C dan juga *stroop* D yang digunakan untuk masakan D.

Proses peleburan gula ditambahkan air kondensat dan uap baru dengan tekanan 2 kg/cm dan suhu 300°C, proses peleburan dibantu dengan *baffle* (pengaduk). Sebelum masuk ke putaran *massequite* dari palung pendingin akan masuk ke *Feed Mixer* yang dilengkapi dengan pengaduk bertujuan untuk penampungan sementara. Kemudian setelah dari putaran gula akan masuk ke *magma mixer* dengan tujuan untuk menurunkan brix dari kristal gula agar tidak terlalu tinggi.

f.) Stasiun Pengemasan dan Penyelesaian

Upaya menjaga kekeringan tertentu, gula hasil akhir (gula SHS) perlu dikeringkan terlebih dahulu dan disaring untuk mendapatkan ukuran kristal yang dikehendaki. Pengeringan gula SHS dilakukan dengan cara di hembuskan udara panas dari blower agar kadar air dalam gula tidak melebihi batas maksimum yang diperkenankan ialah 0,1%. Gula dikeringkan terdapat gula debu yang ditangkap dan dikumpulkan untuk dilebur kembali oleh suatu alat (*cyclone*). Kristal hasil pengeringan ukurannya masih belum seragam, perlu dipisahkan dengan saringan gula yang bergerak secara bergetar (*Vibrating Screen*).



Gambar 4.6 Stasiun Pengemasan

Pembungkus gula terdiri dari dua lapis yaitu plastik tipis (*Inner bag*) di bagian dalam, dan zak di bagian luar. Pembungkus yang sudah berisi gula tertimbang secara otomatis akan turun, dan diangkut *conveyor* menuju timbangan kontrol dan alat jahit zak. Selanjutnya diangkut dan ditimbun sementara di *stamvloer* atau langsung diangkut *conveyor* menuju gudang penimbunan gula. Temperatur atau suhu gula pada saat dimasukkan ke dalam karung kurang lebih sekitar 40°C, dan untuk berat netto gula dalam kemasan plastik tersebut adalah 50 Kg. Setelah dikemas gula tersebut dimasukkan ke dalam gudang gula serta siap untuk dipasarkan.

4.1.2 Alur Pemanfaatan Uap Evaporator pada Stasiun Penguapan

Alur pemanfaatan uap evaporator pada stasiun penguapan yang akan digunakan untuk pemanasan nira di *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dapat dilihat pada **Lampiran 8**.

Pemenuhan energi untuk PG Pradjekan diperoleh dari pembakaran bahan bakar ampas di Boiler yang menghasilkan uap baru. Uap baru dialirkan ke Turbin Alternator untuk menghasilkan tenaga listrik dan hasil samping berupa uap bekas. Uap bekas dari Turbin Alternator digunakan untuk memanaskan nira di Evaporator dan sebagian digunakan pada pemanas nira (*Juice Heater*). Dari operasional Evaporator dihasilkan uap nira yang memenuhi bagian atas Evaporator dan akan keluar melalui bagian atas Evaporator menuju Evaporator badan I untuk menguapkan nira kembali. Nira yang telah diuapkan akan keluar melalui bagian bawah Evaporator menuju Evaporator badan III untuk diuapkan kembali, begitu seterusnya sampai Evaporator badan terakhir (badan V). Uap nira dari badan I dialirkan sebagian dipergunakan untuk pemanas nira (*Juice Heater*) dan pan masak (*vacuum pan*), uap inilah yang disebut dengan uap *bleeding*.

Penguapan Evaporator badan I hingga badan akhir menghasilkan nira kental dan air kondensat. Evaporator badan akhir menghasilkan output/keluaran uap nira badan V, nira badan V (nira kental) dan air kondensat Evaporator badan V. Uap nira pada Evaporator badan V tidak dapat seluruhnya terkondensasi. Sebelum uap yang keluar dari Evaporator badan V tersebut dimanfaatkan untuk VLJH, uap tersebut (uap buangan) dilepas ke udara dengan suhu berkisar 70⁰C. Uap buangan tersebut dimanfaatkan dari Evaporator badan akhir ke VLJH terlebih dahulu untuk memanaskan nira di stasiun pemurnian dan selanjutnya akan diembunkan di kondensor dan keluar bersama dengan air jatuhan. Suhu air jatuhan sebelum uap dimanfaatkan di VLJH berkisar 48⁰C dan setelah dimanfaatkan VLJH suhu air jatuhan berkisar 38⁰C. Berikut penjelasan mengenai pemanfaatan uap buangan dan alur uap nira pada stasiun penguapan yaitu :

a.) Evaporator Badan I

Nira jernih yang berasal dari peti nira jernih masuk ke dalam Evaporator badan I selanjutnya dipanaskan menggunakan uap bekas (*Exhaust Steam*). Output

dari pemanasan nira di dalam Evaporator I adalah uap nira I yang akan digunakan sebagai pemanas di Evaporator II, pemanas di Pemanas Pendahuluan (PP) 1 & 2 serta pemanas di *Vacuum Pan*, nira badan I yang akan di alirkan ke badan II dan air kondensat Evaporator I. Air kondensat badan Evaporator I akan dimasukkan ke peti kondensat bersih yang akan digunakan sebagai air pengisi Boiler. Pada kondensat Evaporator badan I karena suhu airnya tinggi juga menghasilkan uap kondensat, dimana uap kondensat ini akan digunakan sebagai pemanas pada alat *Direct Contact Heater* (DCH).

b.) Evaporator Badan II

Evaporator badan II ini, input yang masuk berupa uap panas (uap nira Evaporator I) dan nira badan I yang kemudian di proses di Evaporator II dengan menghasilkan output keluaran uap nira II (sebagai pemanas Evaporator badan III), nira badan II, dan air kondensat II. Air kondensat II akan ditampung di peti kondensat bersih bercampur dengan air kondensat I dan III yang akan digunakan sebagai air pengisi Boiler.

c.) Evaporator Badan III

Evaporator badan III ini, input yang masuk ke Evaporator badan III berasal dari Evaporator badan II yaitu uap nira Evaporator II dan nira badan II yang di uapkan dan menghasilkan produk keluaran uap nira III, nira badan III, dan air kondensat Evaporator III. Uap nira III akan digunakan sebagai pemanasan lanjutan pada Evaporator badan IV. Nira badan III ditransfer ke Evaporator badan IV dan diuapkan lagi, sedangkan air kondensat III akan di tampung dalam peti kondensat tercemar.

d.) Evaporator Badan IV

Evaporator badan IV ini, input yang masuk ke Evaporator badan IV berasal dari Evaporator badan III yaitu uap nira Evaporator III dan nira badan III yang di uapkan selanjutnya di Evaporator IV menghasilkan output yaitu uap nira IV, nira badan IV, dan air kondensat Evaporator IV. Uap nira IV dan nira badan Evaporator IV masuk ke Evaporator badan V sebagai pemanas. Air kondensat IV ditampung dalam peti kondensat tercemar bersama air kondensat III yang

nantinya air ini akan digunakan untuk proses imbibisi, air proses puteran, dan siraman *Rotary Vacuum Filter*.

e.) Evaporator Badan V

Evaporator badan V ini, input yang masuk ke Evaporator badan V berasal dari uap nira Evaporator IV sebagai pemanas serta nira badan IV. Evaporator badan V menghasilkan output uap nira V, nira badan V (nira kental), dan air kondensat Evaporator V. Nira kental akan di masukkan ke dalam peti nira kental. Air kondensat V akan ditampung bersama dalam peti kondensat tercemar yang digabungkan dengan air kondensat badan III & IV, sedangkan uap nira V akan masuk ke verklaker untuk ditangkap kandungan nira yang masih tersisa dan dikembalikan ke peti nira jernih. Uap air yang sudah tidak ada kandungan niranya akan digunakan sebagai pemanas pada VLJH, kemudian uap buangan dari VLJH di alirkan menuju peti injeksi dan dibuang bersama air jatuhan.

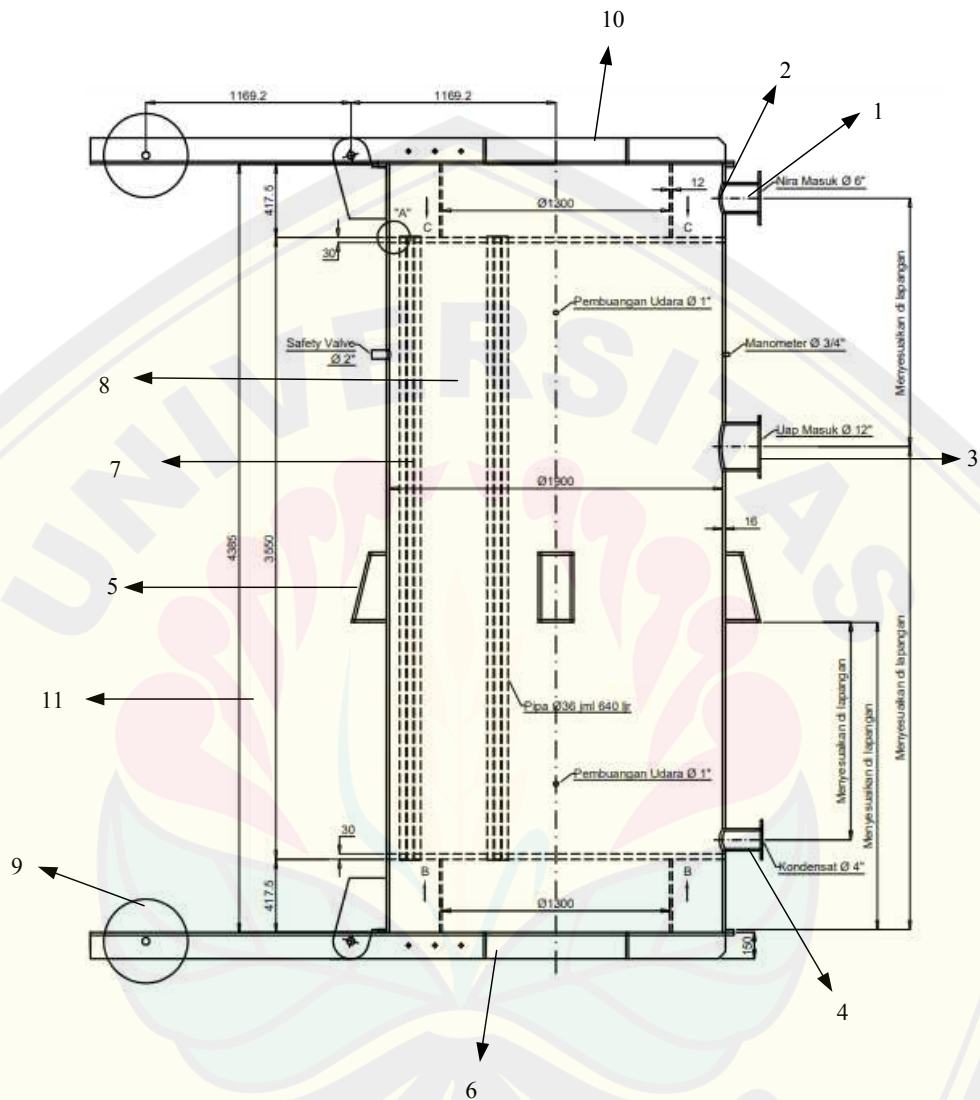
4.2 Efisiensi Energi Dalam Penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

4.2.1 Penggunaan Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Vapour Line Juice Heater (VLJH) merupakan alat pemanas yang digunakan untuk menaikkan temperatur nira sebelum masuk ke Pemanas Pendahuluan I (PP I) agar kerja dari PP I menjadi lebih ringan. Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) mempunyai prinsip kerja mirip dengan *Juice Heater*. Pemanasan nira yang terjadi pada VLJH adalah menggunakan uap hasil evaporator badan ke V. Pemasangan VLJH juga memiliki tujuan untuk pemanfaatan energi, dimana uap yang digunakan untuk memanaskan nira berasal dari badan evaporator terakhir yang akan dibuang ke kondensor, sehingga adanya keuntungan kenaikan suhu nira dari 30°C menjadi 40 – 45°C.

VLJH memiliki prinsip kerja dengan cara memasukan nira melalui pipa dan pada saat nira mulai masuk ke badan VLJH, akan terjadi proses pemindahan panas dengan cara ditabrakan dengan uap panas pada saat uap pemanas masuk melalui pipa uap. Suhu uap yang masuk lebih besar, maka akan terjadi proses pemindahan panas dan uap panas mengalami kondensasi. Hasil peristiwa ini akan mengakibatkan nira menjadi naik suhunya sedangkan yang lain terbentuk air

kondensasi yang dapat digunakan keperluan air pengisi boiler atau air proses (Wahono, 2015). Sketsa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dapat dilihat pada **Gambar 4.7**



Gambar 4.7 Sketsa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Berikut merupakan keterangan bagian dan fungsi masing – masing alat, yaitu :

1. Pipa masuk nira : Jalur masuk nira ke badan pemanas
2. Pipa keluar nira : Saluran untuk pengeluaran nira setelah dipanaskan menuju DCH
3. Pipa pemasukan uap : Tempat masuk uap ke badan pemanas berasal dari uap badan akhir evaporator

4. Pipa kondensat : Tempat pengeluaran air embun/kondensat
5. Pipa output uap : Jalur uap pemanasan keluar menuju kondensor evaporator
6. Afsluiter tap – tapan : Katup mengetahui sisa nira/air
7. Ruang nira : Tempat nira dipanaskan
8. Ruang uap : Tempat uap pemanas nira
9. Beban penyeimbang : Memudahkan pada waktu membuka dan menutup deksel
10. Tutup deksel : Penutup pemanas nira
11. Pipa amoniak : Tempat pengeluaran gas tak terembunkan dalam ruang pemanas.

Vapour Line Juice Heater (VLJH) memiliki prinsip kinerja alat yang sama dengan *Juice Heater*, dimulai dari membuka valve input uap pemanas sedikit agar sisi tromol terisi sebagian sehingga hangat lalu membuka *double valve* pipa dengan penuh; Udara yang keluar dari masing-masing kompartemen, kemudian ditutup kembali; dan suhu pemanas, suhu nira keluar dan pengeluaran kondensat diamati dari badan pemanas. Prinsip kerja ini menggunakan cara pertukaran panas atau perpindahan panas secara konduksi dan konveksi dari alat ke media yang dipanaskan, dengan tujuan membunuh bakteri yang terdapat dalam nira yang membuat nira menjadi asam.

4.2.2 Kajian Teknis Kebutuhan Uap Pemasangan Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Proses pembuatan Gula Kristal Putih (GKP) setelah dari stasiun gilingan dilanjutkan ke stasiun pemurnian dimana pada stasiun ini nira akan dimurnikan dengan cara memisah nira kotor dan nira jernih. Proses pemurnian nira ini dibutuhkan uap untuk memanaskan nira pada proses yang *existing*. Kebutuhan uap di PG Pradjekan ini disuplai oleh 3 unit ketel yang menghasilkan uap panas lanjut (*superheated steam*). Hasil penelitian kajian teknis pemasangan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di PG. Pradjekan dengan kapasitas 3300 TCD dapat diketahui data – data teknis kebutuhan uap bekas dan uap nira pada **Lampiran 9**.

- a. Kebutuhan Uap (Uap Bekas dan Uap Nira 1) tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH).

Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada **Lampiran 10** dimana kebutuhan uap tersebut tanpa menggunakan alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH). Kebutuhan uap yang diperlukan dapat dilihat pada **Tabel 4.1** :

Tabel 4.1 Kebutuhan uap (uap bekas dan uap nira I) tanpa VLJH

No.	Kebutuhan Uap Tanpa VLJH	Jumlah Uap (Ton/Jam)
A.	Kebutuhan Uap ke Pemanas Pendahuluan	
1.	Uni I sebagai pemanas pendahuluan I	11,21
2.	Uni I sebagai pemanas pendahuluan II	5,73
3.	UBE sebagai pemanas pendahuluan II	5,78
B.	Kebutuhan UBE ke Evaporator	
1.	Total air diuapkan	119,76
2.	Kebutuhan UBE untuk Evaporator	23,952

Sumber : Data Primer PG.Pradjekan 2023

Hasil perhitungan kebutuhan uap yang digunakan untuk memanaskan nira di *Juice Heater* yang diperoleh dari uap nira 1 dan uap bekas sebelum menggunakan VLJH dapat diketahui sebagai berikut:

Total UNI 1 ke Pemanas Pendahuluan Q1 + Q2 = 16,94 ton/jam

Total UBE ke Pemanas Pendahuluan Q3 = 5,78 ton/jam

Air nira diuapkan untuk menghasilkan nira kental di Evaporator dengan menggunakan 5 badan Evaporator (*Quintuple Effect*). Dalam 1 kg air yang diuapkan sama dengan 1 kg uap yang dibutuhkan. Kebutuhan Uap Bekas (UBE) untuk Evaporator sebesar 23,952 ton/jam. Nira kental setelah melalui Evaporator, air nira di badan Evaporator juga menghasilkan Uap Nira (UNI 1), yang selanjutnya Uap Nira tersebut digunakan untuk memanaskan nira kental di pan masak (*Vacuum pan*). Penggunaan uap nira di *vacuum pan* ini biasa disebut dengan penggunaan uap *Bleeding*. Penggunaan kebutuhan uap nira tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.2** :

Tabel 4.2 Kebutuhan uap *Bleeding* UNI 1 ke *Vacuum Pan* tanpa VLJH

No.	Kebutuhan Uap <i>Bleeding</i>	Jumlah Uap (Ton/Jam)
1.	UNI 1 sebagai Pemanas Vacuum Pan A Masseurite	10,00
2.	UNI 1 sebagai Pemanas Vacuum Pan C Masseurite	6,00
3.	UNI 1 sebagai Pemanas Vacuum Pan D Masseurite	4,00
	Total UNI 1 ke Vacuum Pan	20,00

Sumber : Data Primer PG.Pradjekan 2023

Kebutuhan uap *Vacuum Pan A* yang berasal dari evaporator badan 1 atau yang dikenal sebagai uap nira 1 (UNI 1) sebanyak 10,00 Ton/jam, *Vacuum Pan C* yang berasal dari evaporator badan 1 atau yang dikenal sebagai uap nira 1 (UNI 1) sebanyak 6,00 Ton/jam, sedangkan *Vacuum Pan D* yang berasal dari evaporator badan 1 atau yang dikenal sebagai uap nira 1 (UNI 1) sebanyak 4,00 Ton/jam. Sehingga total uap nira 1 (UNI 1) yang digunakan untuk kebutuhan *Vacuum Pan* sebanyak 20,00 Ton/Jam. Perhitungan total kebutuhan uap bekas tanpa menggunakan VLJH dapat diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan uap total} &= \text{UNI1 PP} + \text{UBE PP} + \text{UBE Evaporator} + \text{Uap Bleeding} \\ &= 16,94 + 5,78 + 23,95 + 20,00 \\ &= 66,68 \text{ Ton/Jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan Uap Bekas (UBE) tanpa menggunakan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) untuk proses pemanasan nira sebelum masuk ke pemurnian pada kapasitas giling 3.300 TCD adalah 66,68 Ton/Jam.

b. Kebutuhan Uap (Uap Bekas dan Uap Nira 1) dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada **Lampiran 10** dimana kebutuhan uap tersebut dengan menggunakan alat VLJH. Kebutuhan uap yang diperlukan dapat dilihat pada **Tabel 4.3** :

Tabel 4.3 Kebutuhan uap (uap bekas dan uap nira I) dengan VLJH

No.	Kebutuhan Uap dengan VLJH	Jumlah Uap (Ton/Jam)
A.	Kebutuhan Uap UNI 5 ke VLJH	
1.	Uni 5 sebagai pemanas VLJH	2,37
B.	Kebutuhan Uap ke Pemanas Pendahuluan	
1.	Uni I sebagai pemanas pendahuluan I	8,72
2.	Uni I sebagai pemanas pendahuluan II	5,73
3.	UBE sebagai pemanas pendahuluan II	5,78
C.	Kebutuhan UBE ke Evaporator	
1.	Total air diuapkan	119,76
2.	Kebutuhan UBE untuk Evaporator	23,952

Sumber : Data Primer PG.Pradjekan 2023

Hasil perhitungan kebutuhan uap yang digunakan untuk memanaskan nira di *Juice Heater* yang diperoleh dari uap nira 1 dan uap bekas sesudah menggunakan VLJH dapat diketahui sebagai berikut:

Total Uap Nira (UNI) 5 ke VLJH	= 2,37 ton/jam
Total Uap Nira (UNI) 1 ke PP Q2 + Q3	= 14,45 ton/jam
Total Uap Bekas (UBE) ke PP	= 5,78 ton/jam

Kebutuhan Uap Bekas (UBE) untuk Evaporator sebesar 23,952 Ton/Jam. Total kebutuhan UNI 5 yang digunakan VLJH sebesar 2,37 Ton/Jam. Penggunaan uap nira di *vacuum pan* ini biasa disebut dengan penggunaan uap *Bleeding*. Penggunaan kebutuhan uap nira tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini :

Tabel 4.4 Kebutuhan uap Bleeding UNI 1 ke Vacuum Pan dengan VLJH

No.	Kebutuhan Uap <i>Bleeding</i>	Jumlah Uap (Ton/Jam)
1.	UNI 1 sebagai Pemanas <i>Vacuum Pan A Massequite</i>	10,00
2.	UNI 1 sebagai Pemanas <i>Vacuum Pan C Massequite</i>	6,00
3.	UNI 1 sebagai Pemanas <i>Vacuum Pan D Massequite</i>	4,00
Total UNI 1 ke Vacuum Pan		20,00

Sumber : Data Primer PG.Pradjekan 2023

Kebutuhan uap *Vacuum Pan A* yang berasal dari Evaporator badan 1 sebanyak 10,00 Ton/jam, *Vacuum Pan C* yang berasal dari Evaporator badan 1 sebanyak 6,00 Ton/jam, sedangkan *Vacuum Pan D* yang berasal dari Evaporator badan 1 sebanyak 4,00 Ton/jam. Sehingga total uap nira 1 (UNI 1) yang digunakan untuk kebutuhan *Vacuum Pan* sebanyak 20,00 Ton/Jam. Perhitungan total kebutuhan uap bekas dengan menggunakan VLJH dapat diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan uap total} &= \text{UNI1 PP} + \text{UBE PP} + \text{UBE Evaporator} + \text{Uap Bleeding} \\
 &= 14,45 + 5,78 + 23,95 + 20,00 \\
 &= 64,18 \text{ Ton/Jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan Uap Bekas (UBE) dengan menggunakan VLJH untuk proses pemanasan nira sebelum masuk ke pemurnian pada kapasitas giling 3.300 TCD adalah 64,18 ton/jam. Jumlah pengurangan kebutuhan uap bekas setelah terdapat VLJH sebesar 2,49 ton/jam. Kebutuhan uap bekas yang berkurang didapat dari penggunaan uap nira yang seharusnya di buang dari evaporator badan akhir di manfaatkan untuk memanaskan nira di VLJH. Penurunan penggunaan Uap bekas ini berdampak langsung terhadap penghematan penggunaan bahan bakar ampas di Stasiun Boiler.

4.3 Pemanfaatan Penggunaan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) Berkaitan dengan Penghematan Bahan Bakar

4.3.1 Perbandingan Kebutuhan Ampas dengan Uap Bekas Tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dan dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH).

Proses pemurnian nira tanpa menggunakan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH), uap yang dibutuhkan adalah sebesar 66,68 ton/jam. Kebutuhan uap ini digunakan untuk menaikkan suhu nira mentah yang bersuhu 30-35°C dan diharapkan keluar dari Pemanas Pendahuluan (PP) 1 (*Juice Heater* 1) pada suhu 75°C. Proses kerja PP 1 menjadi cukup berat karena dibutuhkan uap yang besar dan menyebabkan kebutuhan Bahan Bakar Ampas (BBA) juga semakin besar. Nira sebelum masuk VLJH berkisar di suhu 30 – 35°C dan setelah keluar dari VLJH suhu nira berkisar 40 – 45°C. Hal ini dikarenakan adanya transfer panas dari uap Evaporator badan V ke nira mentah yang ke VLJH. Bahan bakar uap yang digunakan VLJH menggunakan uap sisa dari badan evaporator yang selama ini dilepas/dibuang, sehingga kebutuhan uap dengan menggunakan VLJH menjadi 64,18 ton/jam. Perhitungan kebutuhan ampas tanpa VLJH dan dengan menggunakan VLJH menggunakan rumus NCV (*Nett Calories Value*).

Pembangkit energi panas bahan bakar dicirikan dengan nilai kalor *Net Calorific Value* (NCV). PG. Pradjekan menghasilkan ampas sebagai produk samping dari pengolahan tebu menjadi gula dan merupakan sumber bahan bakar dalam proses produksi pabrik gula. Ampas dibakar dalam suhu dan tekanan tinggi pada tungku Boiler yang menghasilkan uap baru untuk menggerakkan turbin Alternator (TA). Pembakaran bahan bakar ampas dilakukan untuk menghasilkan uap yang digunakan untuk memutar mesin giling, memanaskan mesin uap dan menggerakkan turbin alternator sebagai pembangkit listrik (Tajuddin,2019). Semakin tinggi kadar sabut di dalam tebu, semakin banyak jumlah ampas yang dihasilkan. Nilai kalori ampas tebu tergantung pada kadar air dan jumlah sukrosa yang ada di ampas tebu. Tabel data kebutuhan uap bekas tanpa VLJH dan dengan VLJH dapat dilihat pada **Lampiran 11**.

a.) Kebutuhan Ampas Uap Bekas tanpa VLJH dan dengan VLJH

Kebutuhan energi untuk menaikkan suhu nira pada VLJH dibutuhkan uap yang besar dan kebutuhan Bahan Bakar Ampas (BBA) juga semakin banyak. Secara umum ampas tebu mengandung air 48-52%, gula 3,3%, serat 47,7%, dan kadar sabut 14% menghasilkan nilai kalor 8.6 MJ/kg (Tajuddin,2019). Semakin tinggi kadar sabut yang terkandung di dalam tebu, semakin banyak jumlah ampas yang dihasilkan. Perhitungan kebutuhan ampas uap bekas tanpa VLJH dan dengan VLJH bisa dilihat pada **Lampiran 12**.

Ampas tebu PG Pradjekan mengandung kadar gula 1,8% dan serat 50,5% yang menghasilkan nilai NCV sebesar 1,856 kkal/kg setara dengan 9.129,08 ton ampas sebelum menggunakan VLJH dan setelah menggunakan VLJH dibutuhkan setara dengan 8.787,98 ton ampas. Berdasarkan nilai NCV tersebut maka ada penghematan ampas tebu serta meningkatkan efisiensi boiler. Semakin menurun kadar air dan kandungan sukrosa ampas tebu maka nilai kalor semakin meningkat, dan berpotensi menghasilkan rendemen GKP semakin besar.

Hasil perhitungan diatas maka dapat diketahui selisih kebutuhan ampas dalam 120 hari produksi atau satu periode giling. Proses pemurnian nira tanpa menggunakan VLJH dan kebutuhan ampas apabila menggunakan VLJH dapat diketahui selisih kebutuhan bahan bakar ampas adalah sebagai berikut :

$$\text{Selisih BBA} = \text{Jumlah BBA Tanpa VLJH} - \text{Jumlah BBA dengan VLJH}$$

$$\text{Selisih BBA} = 9.129,08 \text{ ton} - 8.787,98 \text{ ton} = 341,10 \text{ ton}/120 \text{ hari}$$

Selain selisih bahan bakar ampas tersebut, dapat diketahui penghematan biaya yang dihasilkan dari pemanfaatan VLJH. Selisih kebutuhan bahan bakar ampas sebesar 341,10 ton dan diketahui harga ampas sebesar Rp500.000/ton. Perhitungan penghematan biaya bahan bakar ampas dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) adalah sebagai berikut :

$$\text{Penghematan Biaya BBA} = \text{Setara Ampas} \times \text{Harga Ampas}$$

$$\text{Penghematan Biaya BBA} = 341,10 \text{ ton} \times \text{Rp}500.000 = \text{Rp}170.547.765$$

4.4 Perhitungan Kelayakan Ekonomi Terkait Pemasangan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

Hasil penelitian kelayakan ekonomi pemasangan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di PG. Pradjekan dilakukan pada beberapa analisis kriteria investasi antara lain *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PP). Hasil seluruh penelitian secara keseluruhan dapat diketahui data ekonomi penggunaan VLJH sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Ekonomi Penggunaan VLJH

Aktivitas	Jumlah
Investasi Awal	Rp 250.000.000
Pendapatan Kotor	Rp 170.547.765
Depresiasi	Rp 31.250.000
Laba	Rp 139.297.765
<i>Cash in</i> Pertahun	Rp 170.547.765
Interest	12%
Umur Teknis	8

Sumber : Data Primer PG. Pradjekan 2023

Cash Flow adalah pendapatan setelah pajak atau laba bersih setelah pajak ditambah dengan penyusutan atau depresias aktiva tetap. Berdasarkan data ekonomi pada tabel diatas, dapat diketahui tabel *Cash Flow* pada **Lampiran 13**. Data aktivitas ekonomi diatas diketahui bahwa pendapatan kotor pemasangan VLJH sebesar Rp170.547.765 yang diperoleh dari pendapatan penghematan bahan bakar. Laba bersih yang diperoleh dari pemasangan VLJH setiap tahun sebesar Rp139.297.765 setelah dikurangi biaya depresiasi per tahun sebesar Rp31.250.000.

4.4.1 Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

NPV merupakan metode menghitung nilai bersih (netto) pada waktu sekarang (*present*). Metode ini digunakan melalui selisih antara investasi dengan pendapatan. Perhitungan kelayakan menggunakan metode NPV dapat dilihat pada tabel **Lampiran 14** yang menunjukkan bahwa NPV bernilai positif yaitu dapat dilihat dari data *annual benefit* dikurangi *annual cost* dan investasi awal menghasilkan NPV Rp441.981.119

Pemasangan dan penggunaan alat VLJH dapat diketahui berdasarkan keuntungan yang diharapkan dari *discount rate* dan umur ekonomis selama 8

tahun diperoleh hasil positif. Hasil perhitungan NPV didapatkan hasil sebesar Rp441.981.119, nilai NPV > 0 yang berarti investasi pemasangan VLJH dikatakan layak untuk di jalankan (M. Giatman, 2017). Hasil NPV yang positif menunjukkan bahwa proyek tersebut diharapkan akan menghasilkan nilai tambah bagi perusahaan jika diimplementasikan. Hal ini menunjukkan bahwa investasi yang dilakukan menguntungkan dan layak untuk di teruskan.

4.4.2 Perhitungan *Internal Rate of Returns* (IRR)

IRR adalah indikator keuangan untuk mengukur tingkat pengembalian modal yang digunakan dalam menjalankan usaha/investasi. Jika suatu investasi yang dilakukan memiliki nilai IRR lebih besar dari bunga pinjaman yang menjadi sumber modal investasi, maka investasi tersebut layak untuk dijalankan. Sebaliknya, jika nilai IRR dari investasi tersebut lebih kecil dari bunga kredit bank, maka investasi tersebut tidak layak untuk dijalankan.

Untuk menghitung IRR perlu dicari data NPV positif juga NPV negatif. Diketahui bahwa jumlah *Minimum Atractive of Return* (MARR) sebesar 12% (asumsi suku bunga bank tertinggi). Jika $IRR \geq MARR$ maka investasi layak dilakukan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai IRR tingkat *discount rate* lebih rendah dari hasil nilai NPV keuntungan positif yang terjadi pada penggunaan dan pemasangan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) sebesar 12% dan tingkat *discount rate* lebih tinggi dari hasil perhitungan NPV yang negatif yaitu sebesar 54%. NPV dari tingkat *discount rate* lebih rendah sebesar Rp441.981.119 dan total PV dari tingkat *discount rate* lebih tinggi sebesar -Rp195.436 dapat dihitung IRR sebagai berikut :

$$IRR = \%DCF_0 + \frac{\text{Total DCF}_0}{\text{Total DCF}_0 - \text{Total DCF}_1} \times (\%DCF_1 - \%DCF_0)$$

$$IRR = 12\% + \frac{\text{Rp}441.981.119}{\text{Rp}441.981.119 - (\text{Rp}195.436)} \times (54\%) = 53,98\%$$

$$IRR > MARR = 53,98\% > 12\%$$

Perhitungan kelayakan dengan menggunakan metode IRR dapat dilihat pada tabel **Lampiran 15** yang menunjukkan nilai suku bunga pengembalian investasi sebesar 53,98%, sedangkan suku bunga pinjaman (MARR) sebesar 12%, dengan demikian investasi dapat dilaksanakan dan layak dilanjutkan. Hal ini dikarenakan

suku bunga pinjaman bank lebih kecil dari pada suku bunga pengembalian investasi.

4.4.3 Perhitungan *Payback Period* (PP)

Payback period merupakan salah satu alat analisis yang juga digunakan dalam menentukan kelayakan dari suatu industri, dalam hal ini yaitu penggunaan alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) di PG. Pradjekan. Analisis *payback period* ini digunakan untuk melihat jangka waktu dari pengembalian modal investasi pemasangan tersebut. Diketahui biaya awal yang dikeluarkan untuk pembuatan dan pemasangan VLJH sebesar Rp 250.000.000 dengan hasil pendapatan sebesar Rp170.547.765 dapat dihitung *payback period* sebagai berikut :

$$PP = \frac{\text{Investasi awal}}{\text{Cash In}} \times \text{Tahun} = \frac{\text{Rp}250.000.000}{\text{Rp}170.547.765} \times 1 = 1,47 \text{ tahun}$$

Menurut (Abdullah, 2015) jika *payback period* lebih kecil dibanding dengan target kembalinya investasi, maka proyek investasi layak dan jika *payback period* lebih besar dibanding dengan target kembalinya investasi, maka proyek tidak layak. Dari hasil perhitungan *payback period* dapat dilihat pada tabel **Lampiran 16** dengan modal yang dikeluarkan untuk pembuatan dan pemasangan VLJH di PG. Pradjekan sebesar Rp250.000.000 dengan hasil *cash flow* sebesar Rp Rp170.547.765 dan umur ekonomi selama 8 tahun, menghasilkan *payback period* selama 1,47 tahun. Sehingga apabila perhitungan *payback period* lebih cepat dari umur ekomomi, maka diterima karena hasil *payback period* lebih cepat dari umur ekonomis.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada penggunaan VLJH didapatkan hasil dari analisis teknis bahwa penggunaan kebutuhan Uap Bekas (UBE) tanpa VLJH sebesar 66,68 ton/jam dan dengan menggunakan VLJH sebesar 64,18 ton/jam. Hasil tersebut dapat diketahui selisih Uap Bekas (UBE) yang dapat dihemat dengan penggunaan VLJH sebesar 2,49 ton/jam.

Dari perhitungan penghematan bahan bakar ampas (BBA), dapat dihasilkan penggunaan ampas sebelum pemasangan VLJH sebesar 9.129,08 ton dan setelah pemasangan VLJH penggunaan ampas sebesar 8.787,98 ton. Sehingga penghematan penggunaan BBA sebesar 341,10 ton atau setara dengan Rp170.547.765 (harga ampas Rp500.000/ton.)

Dari perhitungan analisis ekonomi terhadap pemasangan VLJH di PG. Pradjekan diketahui bahwa $NPV > 0$ sebesar Rp441.981.119 yang berarti investasi pemasangan VLJH layak dilakukan. Perhitungan analisis IRR diketahui bahwa $IRR > MARR$ yaitu $53,98\% > 12\%$ yang berarti bahwa tingkat pengembalian investasi pemasangan VLJH ini lebih besar dari asumsi tingkat suku bunga tertinggi sehingga investasi layak untuk dilakukan. Sedangkan dari perhitungan analisis PP dihasilkan *payback period* selama 1,47 tahun, dari umur ekonomis VLJH selama 8 tahun. Sehingga pemasangan VLJH diterima karena hasil *payback period* lebih cepat dari umur ekonomis.

5.2 Saran

Hasil penelitian Analisis Teknis dan Ekonomis Pemasangat Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) studi kasus PG Pradjekan, menghasilkan efisiensi penggunaan bahan bakar ampas yang cukup besar, baik ditinjau dari analisis teknis maupun ekonomis sehingga penulis menyarankan penggunaan VLJH untuk pabrik gula yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, F. (2015). Analisis Kelayakan Investasi Aktiva Tetap Pembelian Mesin Printing Pada Pt. Radja Digital Printing Samarinda. *E-Journal Ilmu Administrasi Bisnis*, 3(2), 297–310.
- Aris Pasigai, M., Hidayat, M. (2019). Analisis Implementasi Quality Control Pada Produksi Gula Pt. Perkebunan Nusantara Xiv (Persero) Pabrik Gula Takalar Kabupate Takalar. In *Jurnal Profitability Fakultas Ekonomi Dan Bisnis* (Vol. 3). <https://journal.unismuh.ac.id/index.php/profitability>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Tebu Indonesia 2021*. Jakarta: BPS-RI/BPS – Statistics Indonesia
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). SNI 3140.3 : 2010 *Gula Kristal Putih*. Jakarta: BSN
- Delima, R., Santoso, H. B., & Purwadi, J. (2016). *Kajian Aplikasi Pertanian yang Dikembangkan di Beberapa Negara Asia dan Afrika*. 19–26.
- M. Giatman. 2017. *Ekonomi Teknik*. Jakarta. Rajawali Pers.
- Kadar, P., Gula, K., Aisah, M. N., Amin, M., & Kuncoro, S. (2022). *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering Telur Ayam Ras Setelah Perendaman di Larutan Gula Effect of Sugar Content and Temperature of Sugar in Broiler Chicken Eggs After Immersion in Sugar Solution*.
- Kusuma, P. T. W. W., Mayasti, N. K. I., & Guna, T. (2014). Analisa Kelayakan Finansial Pengembangan Usaha Produksi Komoditas Lokal: Mie Berbasis Jagung. *Agritech*, 34(2), 194–202.
- Krido Wahono, S. (2016). Evaluasi Sistem Energi pada Pabrik Pengolahan Hasil Perkebunan Sebagai Rancangan Menuju Penghematan Energi "Studi Kasus : Unit Evaporasi Pabrik Gula Subang". In *National Research and Innovation Agency Republic of Indonesia (BRIN)*. ISBN : 979-25-8870-1
- Lubis, F., & S Lubis. (2022). Analisis Baffle Cut Pada Alat Penukar Kalor Shell and Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 3(1), 39–44. <https://doi.org/10.53695/jm.v3i1.707>

- Lukito, A., Perkebunan, P., & Indonesia, G. (2019). *Loyalitas Petani Tebu Rakyat Berkaitan Dengan Perilaku Petani, Peran Pemerintah Dan Pabrik Gula Di Jawa Timur (Studi Kasus di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur)* (Vol. 2, Issue 1).
- Material, J. R., Energi, M., & Pratama, R. F. (2023). *FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi FT-UMSU*. 6(1), 89–98.
- Mulyakin, S. (2020). Kajian Penambahan Gula Pasir Terhadap Sifat Kimia Dan Organoleptik Sirup Kersen. *Matara*, 134.
- Rahmawati, I., Said, F., & Hidayati, S. (2015). Perbedaan pH Saliva Antara Sebelum Dan Sesudahmengonsumsi Minuman Ringan (Studi pada Siswa Kelas II dan III Madrasah Ibtidaiyah Zam-Zam Zailani BanjarbaruKalimantan Selatan Tahun 2014). *Jurnal Skala Kesehatan*, 6(1), 1–13. <http://digilib.itb.ac.id>
- Ramadhan, K. P., Sulistyaningrum, S., Studi, P., Kimia, T., Internasional, U., & Indonesia, S. (2022). *Skripsi. PT Perkebunan Nusantara XI PG . Redjosari Magetan – Jawa Timur PG . Redjosari Magetan – Jawa Timur*.
- Ridwan, A. F., Romli, Z., & Soeroto, W. M. (2022). Analisa Kelayakan Investasi Proyek Penggantian Secondary Crusher Pada PT Berau Coal Site Binungan. *Sebatik*, 26(1), 1–8. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i1.1832>
- Rifai, F., & Budiman, A. (2015). *Penurunan Konsumsi Steam Di PG Modjo-Sragen dengan Konsep Heat- Process Integration Menggunakan Energy Utilization Diagram*.
- Ropiudin, R.-. (2023). Pemodelan Sorpsi Isotermik Dan Pendugaan Umur Simpan Gula Kelapa Kristal Dalam Kemasan Plastik. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.20884/1.jaber.2023.4.1.8462>
- Syska, K. (2023). *Simpan Gula Kelapa Kristal Dalam Kemasan Plastik Modeling of Isothermic Adsorption and Shelf Life Estimation of Crystalline Coconut*. 4(1), 23–34
- Tajuddin, B., Muhammad, R., & Erliza, N. (2019) *Perbaikan Kinerja Proses Produksi dan Lingkungan Pabrik Gula Sistem Tertutup dengan*

Pendekatan Keseimbangan Massa dan LCA (Doctoral dissertation, IPB (Bogor Agricultural University)).

Tekanan, K., Bar, U. A. P., & Rivaldi, M. (2014). *Skripsi Oleh : Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Area Oleh : Muhammad Rivaldi Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area FAKULTAS TEKNIK MEDAN.*

Wahono, S. K. (2015). *Evaluasi Sistem Energi pada Pabrik Pengolahan Hasil Perkebunan Sebagai Rancangan Menuju Penghematan Energi “ Studi Kasus : Unit Evaporasi Pabrik Gula Subang “. March.*

Wijiani, R. A., Prastiwi, V. A., Studi, P., Kimia, T., Internasional, U., & Indonesia, S. (2022). *Skripsi. Proses Pengolahan Gula PTPN XI , PG Poerwodadie Proses Pengolahan Gula PTPN XI , PG Poerwodadie. 2031910045.*

Wijayanto, D., Yulianto, T., Suroto, dan, & Pengajar Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya, S. (2013). Analisis Kelayakan Usaha Perikanan Laut Kabupaten Kendal *Feasibility Study to Fisheries Bussiness in District of Kendal. In Jurnal Saintek Perikanan (Vol. 8, Issue 2).*

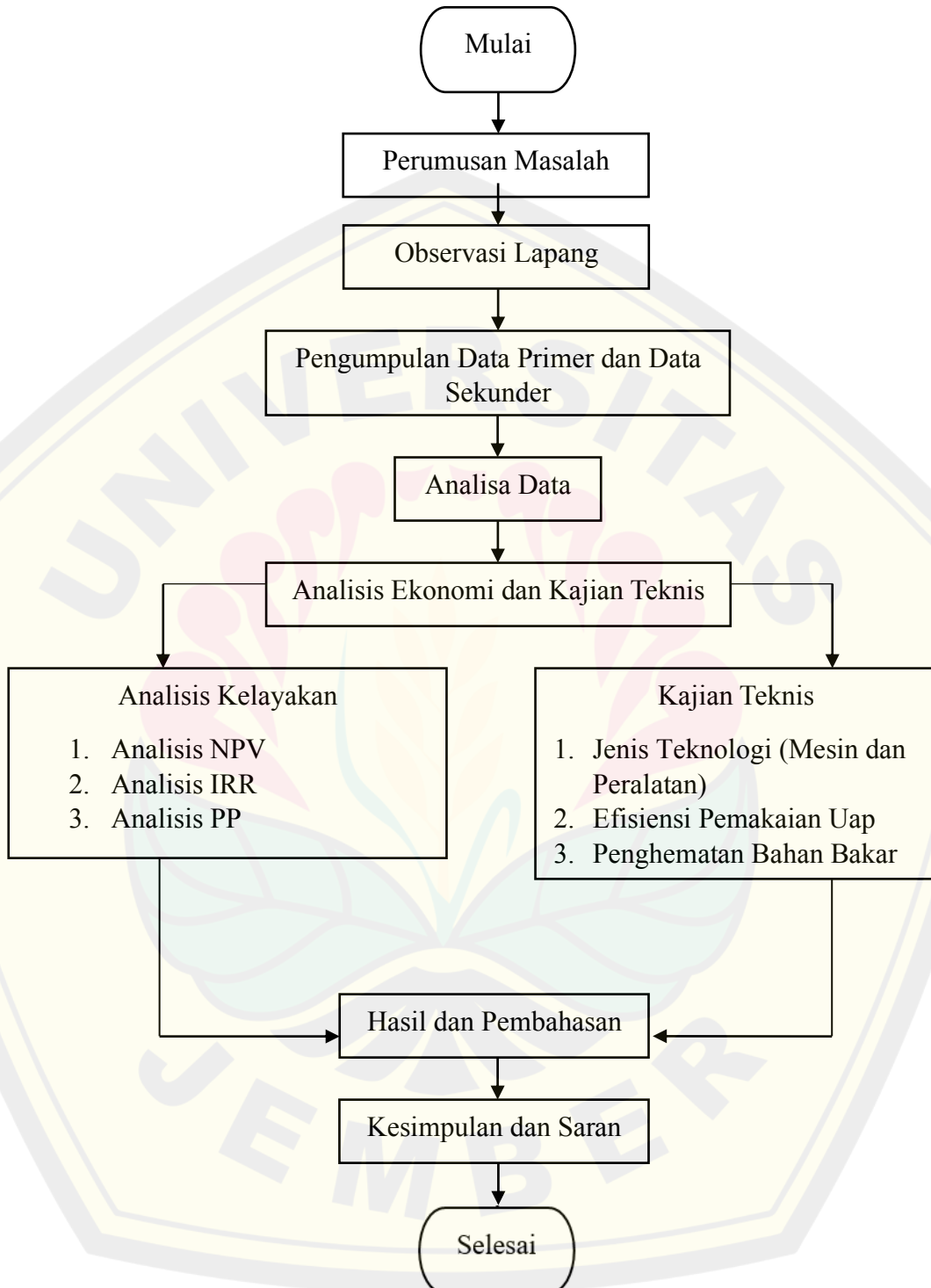
LAMPIRAN

Lampiran 1. Syarat mutu gula kristal putih

No.	Parameter	Satuan	SNI (GKP) SNI 3140-3:2010 /amandemen 1:2011		SNI 3140-3:2020
			GKP 1	GKP 2	
1.	Warna				
1.1	Warna kristal	CT	4,0 – 7,5	7,6 – 10,0	-
1.2	Warna larutan (ICUMSA)	IU	81 – 200	201 – 300	76 – 300
2.	Besar Jenis Butir	mm	0,8 – 1,2	0,8 – 1,2	0,2 – 1,2
3.	Susut Pengeringan (b/b)	%	Maks 0,1	Maks 0,1	Maks 0,1
4.	Polarisasi	“Z”	Min 99,6	Min 99,5	Min 99,5
5.	Abu Konduktiviti (b/b)	%	Maks 0,10	Maks 0,15	Maks 0,15
6.	Bahan Tambahan Pangan				
6.1	Belerang dioksida (SO ₂)	Mg/Kg	Maks 30	Maks 30	Maks 30
7.	Cemaran Logam				
7.1	Timbal (Pb)	Mg/Kg	Maks 2	Maks 2	Maks 2,0
7.2	Tembaga (Cu)	Mg/Kg	Maks 2	Maks 2	-
7.3	Arsen (As)	Mg/Kg	Maks 1	Maks 1	Maks 1,0
7.4	Cadium (Cd)	Mg/Kg	-	-	Maks 0,20
7.5	Merkuri (Hg)	Mg/Kg	-	-	Maks 0,05
7.6	Timah (Sn)	Mg/Kg	-	-	Maks 40,0

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (SNI GKP No. 3140.3:2010) dalam Syska, 2023

Lampiran 2. Tahapan Penelitian



Lampiran 3. Rumus Perhitungan Teknisc. Kebutuhan Uap (UBE dan UNI 1) tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

1.) Kebutuhan Uap (UBE dan UNI 1) ke Pemanas Pendahuluan

- UNI 1 sebagai PP I (Operasional 3 unit full UNI 1)

$$W_1 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (Ton/jam)

Q_j = Jumlah nira masuk per jam (Kg)

dengan rumus $Q_j = \frac{\text{kapasitas giling/hari}}{24} \times \text{NM \% Tebu}$

C_p = Panas spesifik (Kkal/Kg °C)

ΔT = Δ suhu PP I sebelum operasional VLJH (°C)

λ = Panas laten uap nira 1 (Kkal/Kg)

- UNI 1 sebagai PP II (Operasional 2 unit menggunakan UNI 1)

$$W_2 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (Ton/jam)

Q_j = Jumlah nira masuk per jam (Kg)

dengan rumus $Q_j = \text{Nira mentah masuk} + (\text{nira mentah} \times 15\%)$

C_p = Panas spesifik (Kkal/Kg°C)

ΔT = Δ suhu PP 2 menggunakan UNI 1 (°C)

λ = Panas laten uap nira 1 (Kkal/Kg)

- UBE sebagai PP II (Operasional 1 unit menggunakan UBE)

$$W_3 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (Ton/jam)

Q_j = Jumlah nira masuk per jam (Kg)

dengan rumus $Q_j = \text{Nira mentah masuk} + (\text{nira mentah} \times 15\%)$

C_p = Panas spesifik (Kkal/Kg°C)

ΔT = Δ suhu PP 2 menggunakan UBE 1 (°C)

λ = Panas laten uap bekas (Kkal/Kg)

2.) Kebutuhan UBE ke Evaporator

$$E = J \times \left(1 - \left(\frac{B_j}{B_s}\right)\right)$$

Keterangan :

E = Jumlah air yang diuapkan (Kg)

J = Jumlah nira masuk evaporator (Kg)

B_j = % brix nira jernih

B_s = % brix nira kental

d. Kebutuhan Uap (UBE dan UNI 1) dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

1.) Kebutuhan Uap UNI 5 ke VLJH

$$W_1 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (Ton/jam)

Q_j = Jumlah nira masuk per jam (Kg)

dengan rumus $Q_j = \frac{\text{kapasitas giling/hari}}{24} \times \text{NM \% Tebu}$

C_p = Panas spesifik (Kkal/Kg °C)

ΔT = Δ suhu PP I operasional VLJH (°C)

λ = Panas laten uap nira 5 (Kkal/Kg)

2.) Kebutuhan Uap (UBE dan UNI 1) ke Pemanas Pendahuluan

- UNI 1 sebagai PP I (Operasional 3 unit full UNI 1)

$$W_2 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (Ton/jam)

Q_j = Jumlah nira masuk per jam (Kg)

dengan rumus $Q_j = \text{Nira mentah masuk} + (\text{nira mentah} \times 15\%)$

C_p = Panas spesifik (Kkal/Kg °C)

ΔT = Δ suhu PP 1 menggunakan UNI 1 (°C)

λ = Panas laten uap nira 1 (Kkal/Kg)

- UNI 1 sebagai PP II (Operasional 2 unit menggunakan UNI 1)

$$W_3 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (Ton/jam)

Q_j = Jumlah nira masuk per jam (Kg)

dengan rumus Q_j = Nira mentah masuk + (nira mentah x 15%)

C_p = Panas spesifik (Kkal/Kg °C)

ΔT = Δ suhu PP 2 menggunakan UNI 1 (°C)

λ = Panas laten uap nira 1 (Kkal/Kg)

- UBE sebagai PP II (Operasional 1 unit menggunakan UBE)

$$W_4 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

Keterangan :

W = Jumlah kalor yang diterima atau dilepas (Ton/jam)

Q_j = Jumlah nira masuk per jam (Kg)

dengan rumus Q_j = Nira mentah masuk + (nira mentah x 15%)

C_p = Panas spesifik (Kkal/Kg °C)

ΔT = Δ suhu PP 2 menggunakan UNI 1 (°C)

λ = Panas laten uap bekas (Kkal/Kg)

3.) Kebutuhan UBE ke Evaporator

$$E = J \times \left(1 - \left(\frac{B_j}{B_s}\right)\right)$$

Keterangan :

E = Jumlah air yang diuapkan (Kg)

J = Jumlah nira masuk evaporator (Kg)

B_j = % brix nira jernih

B_s = % brix nira kental

Lampiran 4. Perbandingan Kebutuhan Ampas Dengan Uap Bekas Tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH) dan dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

- a. Kebutuhan Ampas Uap Bekas Tanpa VLJH dan Dengan VLJH menggunakan *Nett Calories Value* (NCV)

$$NCV = 4250 - 48(100 - \text{Zat Kering Ampas}) - 10(\text{pol ampas}) \text{pol} \frac{\text{kkal}}{\text{kg}}$$

Keterangan :

Zat Kering Ampas = Kadar sabut

Pol Ampas = Kadar gula dalam ampas

- 1.) Kebutuhan Ampas Uap Bekas Tanpa VLJH dan Dengan VLJH

$$\text{Setara Ampas} = \frac{\text{Jumlah Uap} \times (h_1 - h_2) \times \text{hari giling}}{E \times NCV}$$

Keterangan :

h_1 = Enthalphy Uap Baru (Kkal/Kg)

h_2 = Enthalphy Air Pengisi Ketel (Kkal/Kg)

E = Efisiensi Ketel (%)

NCV = *Net Calories Value* (Kkal/Kg)

- b. Selisih Penghematan Kebutuhan Bahan Bakar

$$\text{Jumlah tanpa VLJH} - \text{Jumlah dengan VLJH}$$

- c. Penghematan Biaya dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

$$\text{Penghematan Biaya} = \text{Setara Ampas} \times \text{Harga Ampas}$$

Lampiran 5. Perhitungan Kelayakan Ekonomi Terkait Pemasangan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

a. Perhitungan *Net Present Value* (NPV)

$$\bullet \quad NPV = -I + Ab \left(\frac{P}{A}, i, n \right) - Ac \left(\frac{P}{A}, i, n \right)$$

Keterangan :

NPV = *Net Present Value*

NCF = *Nett Cash Flow*

Ab = *Annual benefit*

Ac = *Annual cost*

i = *Interest* (Suku bunga bank)

n = Tahun ke-

b. Perhitungan *Internal Rate of Returns* (IRR)

$$\bullet \quad IRR = \%DCF_0 + \frac{\text{Total DCF}_0}{\text{Total DCF}_0 - \text{Total DCF}_1} \times (\%DCF_1 - \%DCF_0)$$

Keterangan :

IRR = *Internal Rate of Returns*

$\%DCF_0$ = *% Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 12%)

$\%DCF_1$ = *% Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 54%)

Total DCF₀ = *Total Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 12%)

Total DCF₁ = *Total Discount Cash Flow* (Tingkat Bunga 54%)

c. Perhitungan *Payback Period* (PP)

$$\bullet \quad CNCF_n = NCF_{-n} + NCF_n$$

$$\bullet \quad PP = \frac{\text{Investasi awal}}{\text{Cash In}} \times \text{Tahun}$$

Keterangan :

CNCF_n = *Commulative Nett Cash Flow* tahun n

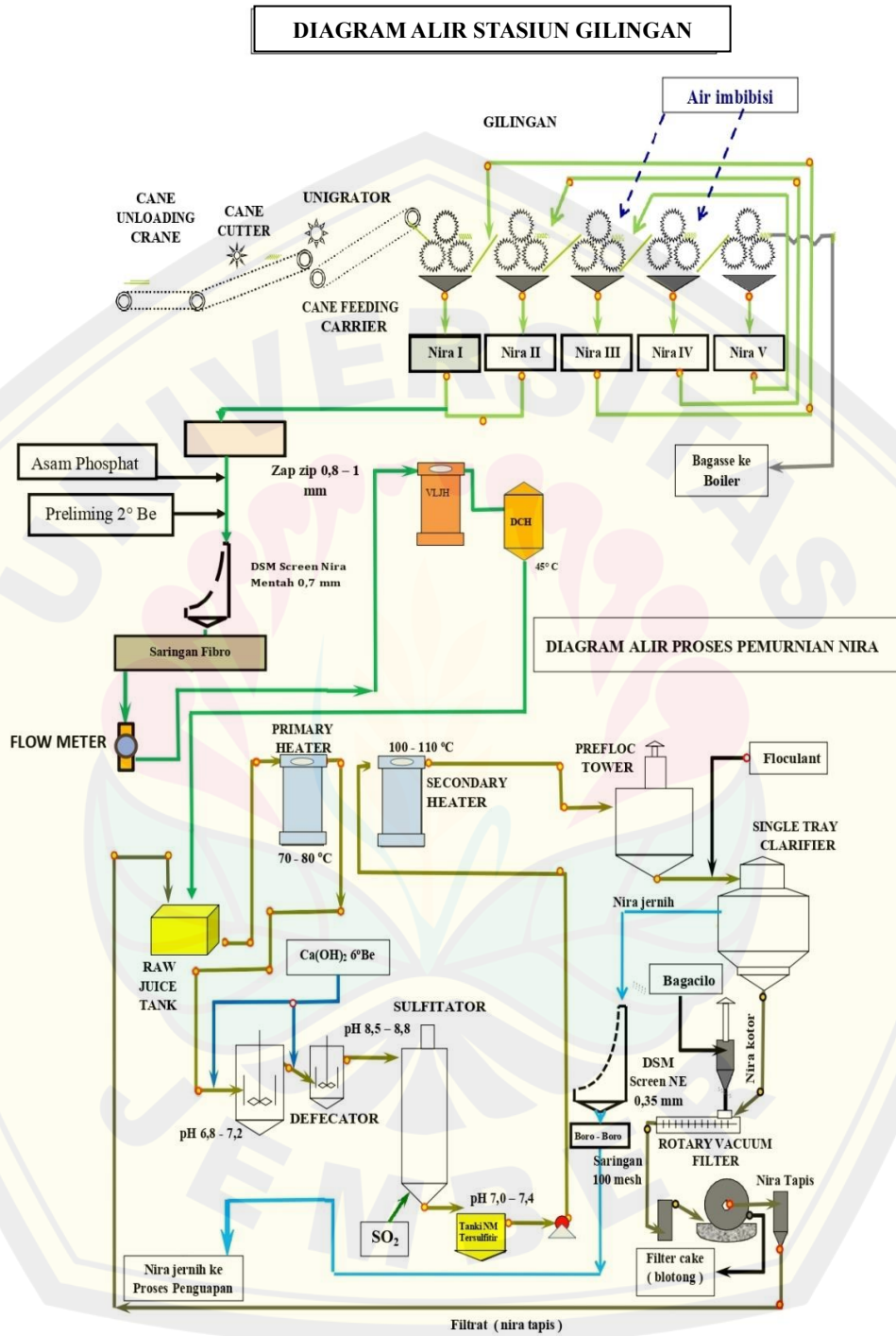
NCF_{-n} = *Nett Cash Flow* tahun sebelum n

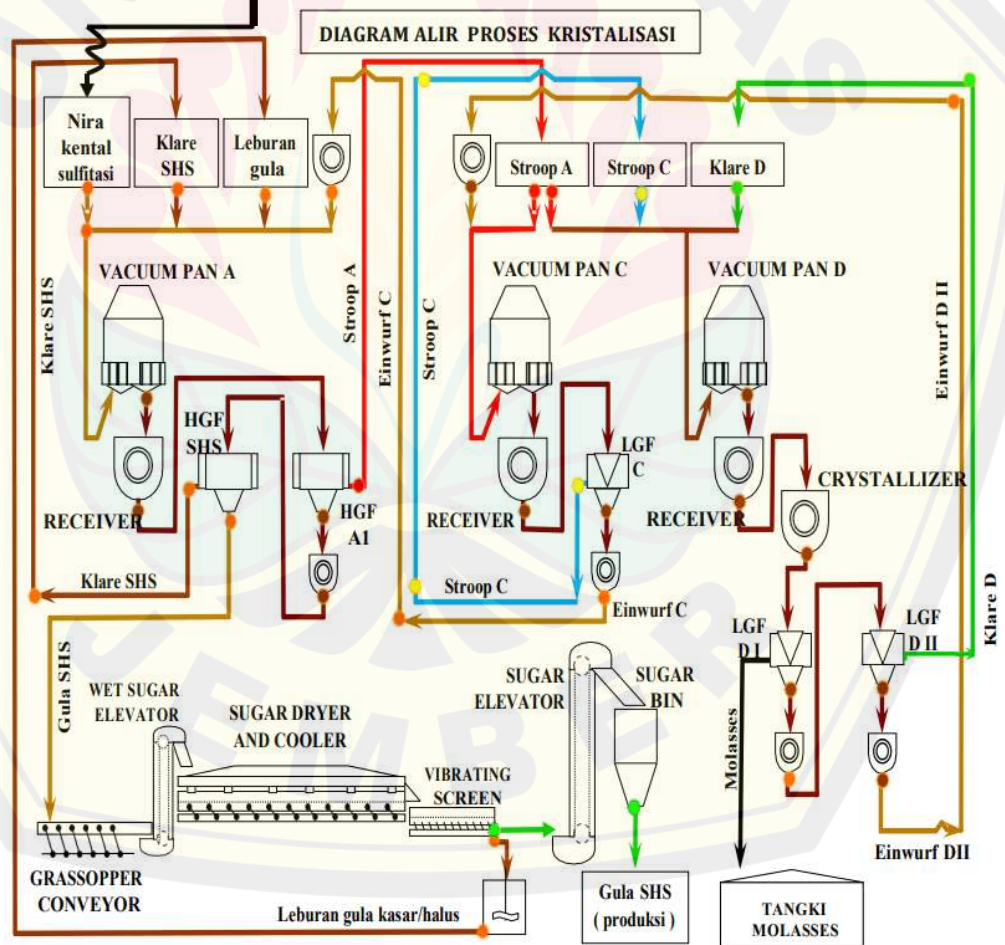
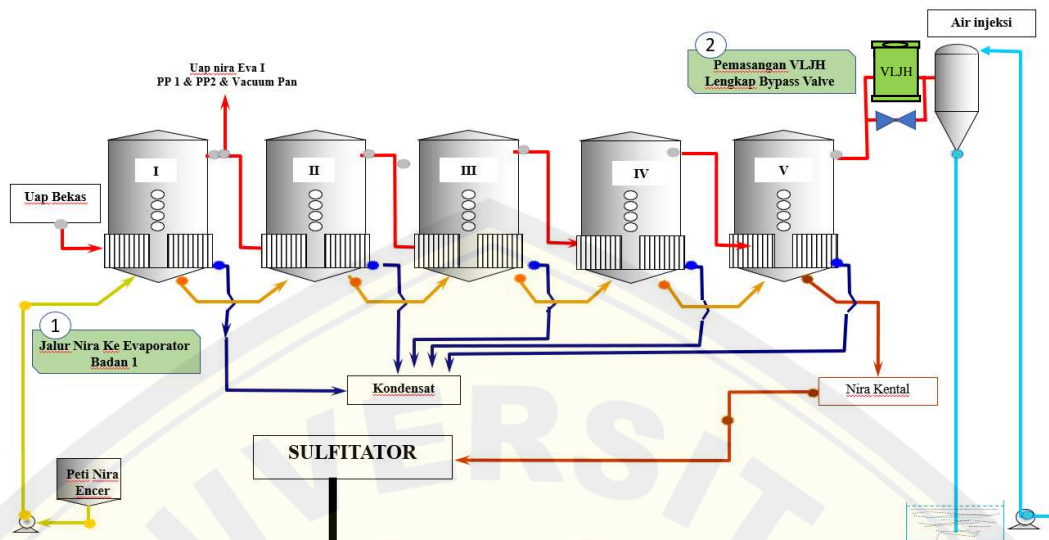
NCF_n = *Nett Cash Flow* tahun n

PP = *Payback Period*

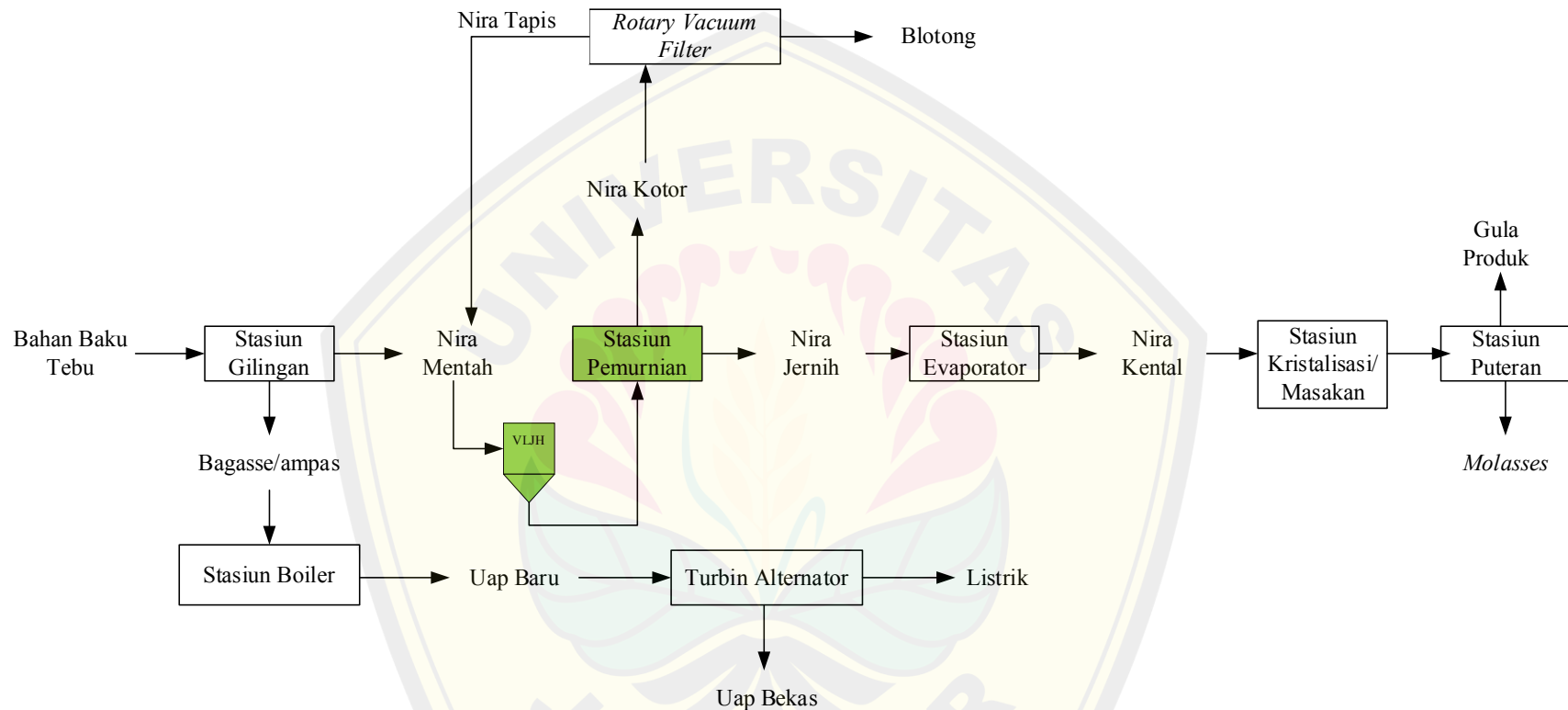
Cash In = *Pendapat bersih*

Lampiran 6. Proses Produksi Gula Kristal Putih

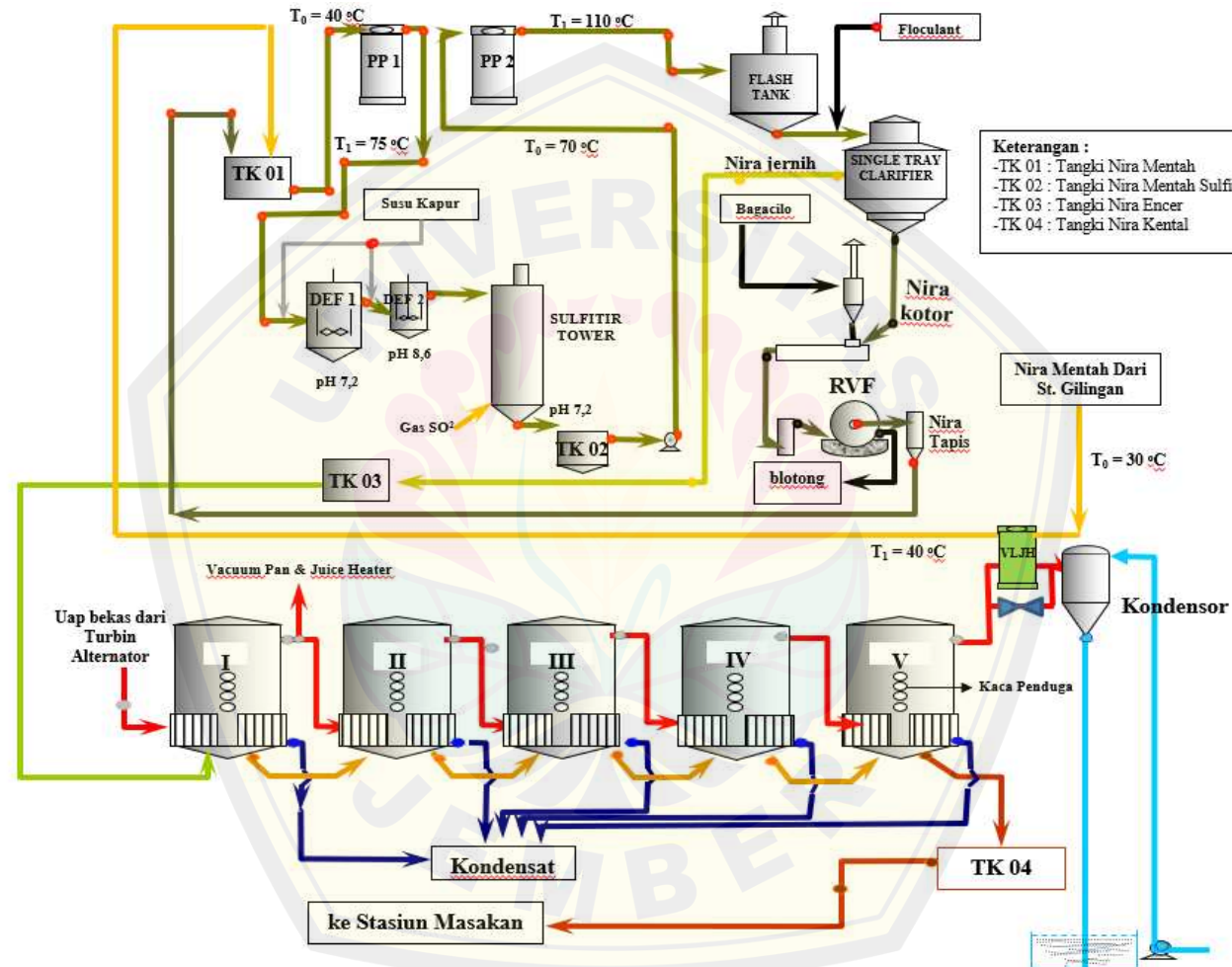




Lampiran 7. Alur Sederhana Proses Produksi



Lampiran 8. Diagram Alur Pemakaian Uap



Lampiran 9. Tabel Data Teknis Kebutuhan Uap

No	Data Teknis	Satuan	Jumlah
1.	Kapasitas Giling	TCD	3.300
2.	% brix Nira Mentah	%	12
3.	% brix Nira Kental	%	62
4.	Panas Spesifik/cp	Kcal/kg°C	0,928
5.	Suhu Nira Mentah Gilingan	°C	30
6.	Suhu Nira Masuk VLJH	°C	30
7.	Suhu Nira Keluar VLJH	°C	40
8.	Suhu Nira Keluar PP 1	°C	75
9.	Suhu Nira Masuk PP 2	°C	70
10.	Suhu Nira Keluar PP 2	°C	110
11.	Δ Suhu PP 1 Sebelum Operasional VLJH	°C	45
12.	Δ Suhu PP 2 menggunakan UNI 1	°C	20
13.	Δ Suhu PP 2 menggunakan UBE	°C	20
14.	Δ Suhu VLJH	°C	10
15.	Δ Suhu PP1 Setelah Operasional VLJH	°C	35
16.	Temperatur UBE	°C	111,15
17.	λ UBE/Kalor Panas Laten	Kkal/Kg	532,78
18.	Temperatur UNI 1	°C	103,01
19.	λ UNI 1/Kalor Panas Laten	Kkal/Kg	537,8
20.	Temperatur UNI 5	°C	56,21
21.	λ UNI 5/Kalor Panas Laten	Kkal/Kg	566,27
22.	Nira Mentah % Tebu	%	105
23.	Nira Encer % Tebu	%	108

Lampiran 10. Perhitungan Kebutuhan Uap

a. Kebutuhan Uap (UBE dan UNI 1) tanpa *Vapour Line Juice Heater* (VLJH).

1.) Kebutuhan Uap (UBE dan UNI 1) ke Pemanas Pendahuluan

a.) UNI 1 sebagai PP I (Operasional 3 unit full UNI 1)

$$Q_j = \frac{\text{kapasitas giling/hari}}{24} \times \text{NM\% Tebu} = \frac{3.300}{24 \text{ jam}} \times 105\% = 144,375 \text{ Ton}$$

Diketahui :

$$\text{NM \% Tebu} = 105\% \text{ (76\% Nira + 24\% Ampas + 5\% Air Imbibisi)}$$

Maka :

$$W_1 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

$$W_1 = 144.375 \text{ kg} \times 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 45^\circ\text{C} = 6.029.100 \text{ kkal}$$

$$W_1 = \frac{6.029.100 \text{ kkal}}{537,8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 11.211 \text{ kg} = 11,211 \text{ ton}$$

b.) UNI 1 sebagai PP II (Operasional 2 unit menggunakan UNI 1)

$$Q_j = \text{nira mentah} + (\text{nira mentah} \times 15\%)$$

$$Q_j = 144,375 \text{ Ton} + (144,375 \text{ Ton} \times 15\%) = 166,031 \text{ Ton}$$

Diketahui :

$$15\% = \text{Nira Tapis dari saringan } \textit{Rotary Vacuum Filter}$$

Maka :

$$W_2 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

$$W_2 = 166.031 \text{ kg} \times 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 20^\circ\text{C} = 3.081.540 \text{ kkal}$$

$$W_2 = \frac{3.081.540 \text{ kkal}}{537,8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 5.730 \text{ kg} = 5,73 \text{ ton}$$

c.) UBE sebagai PP II (Operasional 1 unit menggunakan UBE)

$$Q_j = \text{nira mentah} + (\text{nira mentah} \times 15\%)$$

$$Q_j = 144,375 \text{ Ton} + (144,375 \text{ Ton} \times 15\%) = 166,031 \text{ Ton}$$

Diketahui :

$$15\% = \text{Nira Tapis dari saringan } \textit{Rotary Vacuum Filter}$$

Maka :

$$W_3 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

$$W_3 = 166.031 \text{ kg} \times 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 20^\circ\text{C} = 3.081.540 \text{ kkal}$$

$$W_3 = \frac{3.081.540 \text{ kkal}}{532,78 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 5.780 \text{ kg} = 5,78 \text{ ton}$$

Total UNI 1 ke Pemanas Pendahuluan Q1 + Q2 = 16,94 ton/jam

Total UBE ke Pemanas Pendahuluan Q3 = 5,78 ton/jam

2.) Kebutuhan UBE ke Evaporator

Diketahui :

J = Jumlah air yang diuapkan

J = 148,5 ton (108% Nira Encer x 3.300 TCD Kapasitas Giling/24 jam)

$$E = J \times \left(1 - \left(\frac{B_j}{B_s} \right) \right) = 148,5 \text{ ton} \times \frac{62\% - 12\%}{62\%} = 119,76 \text{ ton/jam}$$

b. Kebutuhan Uap (UBE & UNI 1) dengan *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

1.) Kebutuhan Uap UNI 5 ke VLJH

$$Q_j = \frac{\text{kapasitas giling/hari}}{24} \times \text{NM \% Tebu} = \frac{3.300}{24} \times 105\% = 144,375 \text{ kg}$$

Diketahui :

NM % Tebu = 105% (76% Nira + 24% Ampas + 5% Air Imbibisi)

Maka :

$$W_1 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

$$W_1 = 144.375 \text{ kg} \times 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 10^\circ\text{C} = 1.339.800 \text{ kkal}$$

$$W_1 = \frac{1.339.800 \text{ kkal}}{566,27 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 2.370 \text{ kg} = 2,37 \text{ ton}$$

2.) Kebutuhan Uap (UBE dan UNI 1) ke Pemanas Pendahuluan

a.) UNI 1 sebagai PP I (Operasional 3 unit full UNI 1)

$$Q_j = \frac{\text{kapasitas giling/hari}}{24} \times \text{NM \% Tebu} = \frac{3.300}{24} \times 105\% = 144,375 \text{ Ton}$$

Diketahui :

NM % Tebu = 105% (76% Nira + 24% Ampas + 5% Air Imbibisi)

Maka :

$$W_2 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

$$W_2 = 144.375 \text{ kg} \times 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 35^\circ\text{C} = 4.689.300 \text{ kkal}$$

$$W_2 = \frac{4.689.300 \text{ kkal}}{537,8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 8.720 \text{ kg} = 8,72 \text{ ton}$$

b.) UNI 1 sebagai PP II (Operasional 2 unit menggunakan UNI 1)

$$Q_j = Q_j W_2 (Q_j W_2 \times \text{NM \% Tebu})$$

$$Q_j = 144,375 \text{ Ton} + (144,375 \text{ Ton} \times 15\%) = 166,031 \text{ Ton}$$

Diketahui :

15% = Nira Tapis dari saringan *Rotary Vacuum Filter*

Maka :

$$W_3 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

$$W_3 = 166.031 \text{ kg} \times 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 20^\circ\text{C} = 3.081.540 \text{ kkal}$$

$$W_3 = \frac{3.081.540 \text{ kkal}}{537,8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 5.730 \text{ kg} = 5,73 \text{ ton}$$

c.) UBE sebagai PP II (Operasional 1 unit menggunakan UBE)

$$Q_j = Q_j W_2 (Q_j W_2 \times \text{NM \% Tebu})$$

$$Q_j = 144,375 \text{ Ton} + (144,375 \text{ Ton} \times 15\%) = 166,031 \text{ Ton}$$

Diketahui :

15% = Nira Tapis dari saringan *Rotary Vacuum Filter*

Maka :

$$W_4 \times \lambda = Q_j \times c_p \times \Delta T$$

$$W_4 = 166.031 \text{ kg} \times 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 20^\circ\text{C} = 3.081.540 \text{ kkal}$$

$$W_4 = \frac{3.081.540 \text{ kkal}}{532,78 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 5.780 \text{ kg} = 5,78 \text{ ton}$$

Keterangan :

$$\text{Total UNI 5 ke VLJH} = 2,37 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Total UNI 1 ke PP} = 14,45 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Total UBE ke PP} = 5,78 \text{ ton/jam}$$

3.) Kebutuhan UBE ke Evaporator

J = Jumlah air yang diuapkan

J = 148,5 ton (108% Nira Encer x 3.300 TCD Kapasitas Giling/24 jam)

$$E = J \times \left(1 - \left(\frac{B_j}{B_s} \right) \right) = 148,5 \text{ Ton} \times \frac{62\% - 12\%}{62\%} = 119,76 \text{ ton/jam}$$



Lampiran 11. Tabel Kebutuhan Ampas Dengan Uap Bekas tanpa VLJH dan dengan VLJH

a. Tabel Data Kebutuhan Ampas Dengan Uap Bekas Tanpa VLJH

No	Data	Satuan	Jumlah
1.	Pemasangan VLJH	Rp	250.000.000
2.	Tebu Giling	ton	464.422,3
2.	Hari Giling	hari	120
3.	Pol Ampas	gram	1,8
4.	Zat Kering Ampas	%	50,5
5.	Enthalphy Uap Baru	Kkal/kg	625
6.	Enthalphy Air Pengisi Ketel	Kkal/kg	550
7.	Efisiensi Ketel	%	85
8.	Harga Ampas	Rp	500
9.	Kebutuhan UBE	Ton/jam	66,68

b. Tabel Data Kebutuhan Ampas Dengan Uap Bekas Dengan VLJH

No	Data	Satuan	Jumlah
1.	Pemasangan VLJH	Rp	250.000.000
2.	Tebu Giling	ton	464.422,3
2.	Hari Giling	hari	120
3.	Pol Ampas	gram	1,8
4.	Zat Kering Ampas	%	50,5
5.	Enthalphy Uap Baru	Kkal/kg	625
6.	Enthalphy Air Pengisi Ketel	Kkal/kg	550
7.	Efisiensi Ketel	%	85
8.	Harga Ampas	Rp	500
9.	Kebutuhan UBE	Ton/jam	64,18

Lampiran 12. Perhitungan Kebutuhan Ampas Tanpa VLJH dan Dengan VLJH

a. Menghitung *Nett Calories Value* (NCV)

$$\text{NCV} = 4250 - 48(100 - \text{Zat Kering Ampas}) - 10(\text{pol ampas}) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\text{NCV} = 4250 - 48(100 - 50,5) - 10(1,8) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\text{NCV} = 4250 - 2.376 - 10(1,8) \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\text{NCV} = 1.856 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

b. Kebutuhan Ampas Uap Bekas Tanpa VLJH

$$\text{Setara Ampas} = \frac{\text{Pengehematan Uap} \times (h_1 - h_2) \times \text{hari giling}}{E \times \text{NCV}}$$

$$\text{Setara Ampas} = \frac{66,68 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 1000 \text{ kg} \times 24 \text{ jam} \times (625 - 550) \frac{\text{Kkal}}{\text{Kg}} \times 120 \text{ hari}}{85\% \times 1.856 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$

$$\text{Setara Ampas} = \frac{14.402.031.960}{1.578}$$

$$\text{Setara Ampas} = 9.129,08 \text{ ton}$$

c. Kebutuhan Ampas Uap Bekas Dengan VLJH

$$\text{Setara Ampas} = \frac{\text{Pengehematan Uap} \times (h_1 - h_2) \times \text{hari giling}}{E \times \text{NCV}}$$

$$\text{Setara Ampas} = \frac{64,18 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 1000 \text{ kg} \times 24 \text{ jam} \times (625 - 550) \frac{\text{Kkal}}{\text{Kg}} \times 120 \text{ hari}}{85\% \times 1.856 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$

$$\text{Setara Ampas} = \frac{13.863.919.651}{1.578}$$

$$\text{Setara Ampas} = 8.787,98 \text{ ton}$$

Lampiran 13. Tabel *Cash Flow* Pemasangan Alat *Vapour Line Juice Heater* (VLJH)

	Tahun 0	Tahun 1	Tahun 2	Tahun 3	Tahun 4	Tahun 5	Tahun 6	Tahun 7	Tahun 8
1. Pendapatan	0	Rp170.547.765	Rp170.547.765	Rp170.547.765	Rp170.547.765	Rp170.547.765	Rp170.547.765	Rp170.547.765	Rp170.547.765
a. Produk Ampas (Kg)	0	341.095,5	341.095,5	341.095,5	341.095,5	341.095,5	341.095,5	341.095,5	341.095,5
b. Harga (Rp/kg)	0	Rp500	Rp500	Rp500	Rp500	Rp500	Rp500	Rp500	Rp500
2. Pembiayaan									
a. Investasi	Rp250.000.000								
b. Biaya Tetap		Rp31.250.000	Rp31.250.000	Rp31.250.000	Rp31.250.000	Rp31.250.000	Rp31.250.000	Rp31.250.000	Rp31.250.000
3. Laba		Rp139.297.765	Rp139.297.765	Rp139.297.765	Rp139.297.765	Rp139.297.765	Rp139.297.765	Rp139.297.765	Rp139.297.765

Lampiran 14. Tabel Hasil Perhitungan NPV

I	Rp	250.000.000
i		12%

(12% asumsi tertinggi dari Suku Bunga Kredit Investasi Bank **9,38%**)

Thn	Cash Flow Benefit		Cash Flow Cost		Cash Flow Utuh		NPV (Excel)	Tabel (P/A ,i,n)	Annual Benefit	Annual Cost
								12%	CFB (P/A,i,n)	CFC (P/A,i,n)
0			Rp	250.000.000	-Rp	250.000.000				
1	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765		0,893	Rp 152.274.791	Rp 27.901.786
2	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765		0,797	Rp 135.959.634	Rp 24.912.309
3	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765		0,712	Rp 121.392.531	Rp 22.243.133
4	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765	Rp 441.981.119	0,636	Rp 108.386.188	Rp 19.859.940
5	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765		0,567	Rp 96.773.382	Rp 17.732.089
6	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765		0,507	Rp 86.404.806	Rp 15.832.223
7	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765		0,452	Rp 77.147.148	Rp 14.135.913
8	Rp	170.547.765	Rp	31.250.000	Rp	139.297.765		0,404	Rp 68.881.382	Rp 12.621.351
									Rp 847.219.862	Rp 155.238.743

Keterangan :

- Investasi Awal = Rp 250.000.000
- Cash Flow Cost = Rp31.250.000
- Cash Flow Benefit = Rp170.547.765
- Cash Flow Utuh = Rp139.297.765

- Perhitungan Faktor i (12%) :

1. Faktor $i_1 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^1} = \frac{1}{(1,12)^1} = 0,893$

2. Faktor $i_2 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^2} = \frac{1}{(1,12)^2} = 0,797$

3. Faktor $i_3 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^3} = \frac{1}{(1,12)^3} = 0,712$

4. Faktor $i_4 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^4} = \frac{1}{(1,12)^4} = 0,636$

5. Faktor $i_5 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^5} = \frac{1}{(1,12)^5} = 0,567$

6. Faktor $i_6 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^6} = \frac{1}{(1,12)^6} = 0,507$

7. Faktor $i_7 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^7} = \frac{1}{(1,12)^7} = 0,452$

8. Faktor $i_8 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^8} = \frac{1}{(1,12)^8} = 0,404$

- *Annual Benefit CFB* ($P/A, i, n$)

1. $CFB \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = Rp170.547.765 \times 0,893 = Rp152.274.791$

2. $CFB \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = Rp170.547.765 \times 0,797 = Rp135.959.634$

3. $CFB \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = Rp170.547.765 \times 0,712 = Rp121.392.531$

$$4. \text{ CFB } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}170.547.765 \times 0,636 = \text{Rp}108.386.188$$

$$5. \text{ CFB } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}170.547.765 \times 0,567 = \text{Rp}96.773.382$$

$$6. \text{ CFB } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}170.547.765 \times 0,507 = \text{Rp}86.404.806$$

$$7. \text{ CFB } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}170.547.765 \times 0,452 = \text{Rp}77.147.148$$

$$8. \text{ CFB } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}170.547.765 \times 0,404 = \text{Rp}68.881.382$$

$$\text{Total CFB } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}152.274.791 + \text{Rp}135.959.634 + \text{Rp}121.392.531 + \text{Rp}108.386.188 + \text{Rp}96.773.382 + \text{Rp}86.404.806 + \text{Rp}77.147.148 + \text{Rp}68.881.382 = \text{Rp}847.219.862$$

- *Annual Cost CFC (P/A,i,n)*

$$1. \text{ CFC } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,893 = \text{Rp}27.901.786$$

$$2. \text{ CFC } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,797 = \text{Rp}24.912.309$$

$$3. \text{ CFC } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,712 = \text{Rp}22.243.133$$

$$4. \text{ CFC } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,636 = \text{Rp}19.859.940$$

$$5. \text{ CFC } \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,567 = \text{Rp}17.732.089$$

$$6. \text{CFC} \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,507 = \text{Rp}15.832.223$$

$$7. \text{CFC} \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,452 = \text{Rp}14.135.913$$

$$8. \text{CFC} \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}31.250.000 \times 0,404 = \text{Rp}12.621.351$$

$$\text{Total CFC} \left(\frac{P}{A}, i, n \right) = \text{Rp}27.901.786 + \text{Rp}24.912.309 + \text{Rp}22.243.133 + \text{Rp}19.859.940 + \text{Rp}17.732.089 + \text{Rp}15.832.223 + \text{Rp}14.135.913 + \text{Rp}12.621.351 = \text{Rp}155.238.743$$

- Perhitungan NPV

$$\text{NPV} = -I + Ab \left(\frac{P}{A}, i, n \right) - Ac \left(\frac{P}{A}, i, n \right)$$

$$\text{NPV} = -\text{Rp}250.000.000 + \text{Rp}847.219.862 - \text{Rp}155.238.743$$

$$\text{NPV} = \text{Rp}441.981.119$$

Lampiran 15. Tabel Perhitungan *Internal Rate of Returns* (IRR)

Thn	<i>Cash Flow Cost</i>		<i>Cash Flow Benefit</i>		<i>Cash Flow Utuh</i>		Faktor i	DCF0	Faktor i	DCF1		
							12%	12%	54%	54%		
0	Rp	250.000.000	Rp	-	-Rp	250.000.000		-Rp	250.000.000	-Rp	250.000.000	
1	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,893	Rp	124.373.005	0,649	Rp	90.453.094
2	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,797	Rp	111.047.326	0,422	Rp	58.735.776
3	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,712	Rp	99.149.398	0,274	Rp	38.140.114
4	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,636	Rp	88.526.248	0,178	Rp	24.766.308
5	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,567	Rp	79.041.293	0,115	Rp	16.082.018
6	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,507	Rp	70.572.583	0,075	Rp	10.442.869
7	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,452	Rp	63.011.235	0,049	Rp	6.781.084
8	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	0,404	Rp	56.260.031	0,032	Rp	4.403.301
								Rp	441.981.119	-Rp	195.436	

Keterangan :

- Investasi Awal = Rp 250.000.000
- *Cash Flow Cost* = Rp31.250.000
- *Cash Flow Benefit* = Rp170.547.765
- *Cash Flow Utuh* = Rp139.297.765

- Perhitungan Faktor i (12%) :

1. Faktor $i_1 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^1} = \frac{1}{(1,12)^1} = 0,893$

2. Faktor $i_2 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^2} = \frac{1}{(1,12)^2} = 0,797$

3. Faktor $i_3 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^3} = \frac{1}{(1,12)^3} = 0,712$

4. Faktor $i_4 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^4} = \frac{1}{(1,12)^4} = 0,636$

5. Faktor $i_5 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^5} = \frac{1}{(1,12)^5} = 0,567$

6. Faktor $i_6 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^6} = \frac{1}{(1,12)^6} = 0,507$

7. Faktor $i_7 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^7} = \frac{1}{(1,12)^7} = 0,452$

8. Faktor $i_8 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,12)^8} = \frac{1}{(1,12)^8} = 0,404$

- Perhitungan Faktor i (54%) :

1. Faktor $i_1 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^1} = \frac{1}{(1,54)^1} = 0,649$

2. Faktor $i_2 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^2} = \frac{1}{(1,54)^2} = 0,422$

3. Faktor $i_3 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^3} = \frac{1}{(1,54)^3} = 0,274$

$$4. \text{ Faktor } i_4 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^4} = \frac{1}{(1,54)^4} = 0,178$$

$$5. \text{ Faktor } i_5 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^5} = \frac{1}{(1,54)^5} = 0,115$$

$$6. \text{ Faktor } i_6 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^6} = \frac{1}{(1,54)^6} = 0,075$$

$$7. \text{ Faktor } i_7 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^7} = \frac{1}{(1,54)^7} = 0,049$$

$$8. \text{ Faktor } i_8 = \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{1}{(1+0,54)^8} = \frac{1}{(1,54)^8} = 0,032$$

- Perhitungan DCF₀ (12%) :

1. DCF₀ = Faktor i₁ x Laba = 0,893 x Rp139.297.765 = Rp124.373.005

2. DCF₀ = Faktor i₂ x Laba = 0,797 x Rp139.297.765 = Rp111.047.326

3. DCF₀ = Faktor i₃ x Laba = 0,712 x Rp139.297.765 = Rp99.149.398

4. DCF₀ = Faktor i₄ x Laba = 0,636 x Rp139.297.765 = Rp88.526.248

5. DCF₀ = Faktor i₅ x Laba = 0,567 x Rp139.297.765 = Rp79.041.293

6. DCF₀ = Faktor i₆ x Laba = 0,507 x Rp139.297.765 = Rp70.572.583

7. DCF₀ = Faktor i₇ x Laba = 0,452 x Rp139.297.765 = Rp63.011.235

8. DCF₀ = Faktor i₈ x Laba = 0,404 x Rp139.297.765 = Rp56.260.031

Total DCF₀ = Rp250.000.000 - Rp124.373.005 - Rp111.047.326 - Rp99.149.398 - Rp88.526.248 - Rp79.041.293 - Rp70.572.583 - Rp63.011.235 - Rp56.260.031 = Rp441.981.119

• Perhitungan DCF₁ (54%) :

1. DCF₁ = Faktor i₁ x Laba = 0,649 x Rp139.297.765 = Rp90.453.094

2. DCF₁ = Faktor i₂ x Laba = 0,422 x Rp139.297.765 = Rp58.735.776

3. DCF₁ = Faktor i₃ x Laba = 0,274 x Rp139.297.765 = Rp38.140.114

4. DCF₁ = Faktor i₄ x Laba = 0,178 x Rp139.297.765 = Rp24.766.308

5. DCF₁ = Faktor i₅ x Laba = 0,115 x Rp139.297.765 = Rp16.082.018

6. DCF₁ = Faktor i₆ x Laba = 0,075 x Rp139.297.765 = Rp10.442.869

7. DCF₁ = Faktor i₇ x Laba = 0,049 x Rp139.297.765 = Rp6.781.084

8. DCF₁ = Faktor i₈ x Laba = 0,032 x Rp139.297.765 = Rp4.403.301

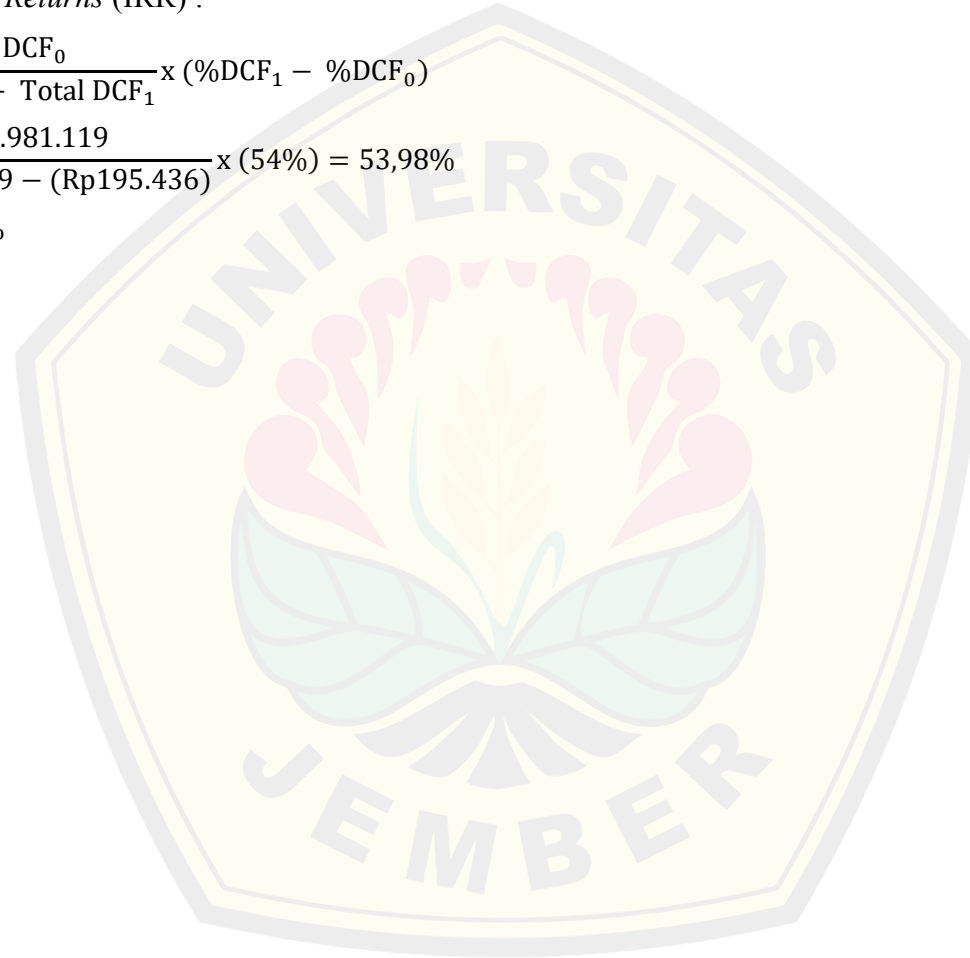
Total DCF₀ = Rp250.000.000 - Rp90.453.094 - Rp58.735.776 - Rp38.140.114 - Rp24.766.308 - Rp16.082.018 - Rp10.442.869 - Rp6.781.084 - Rp4.403.301 = -Rp195.436

- Perhitungan *Internal Rate of Returns* (IRR) :

$$\text{IRR} = \%DCF_0 + \frac{\text{Total DCF}_0}{\text{Total DCF}_0 - \text{Total DCF}_1} \times (\%DCF_1 - \%DCF_0)$$

$$\text{IRR} = 12\% + \frac{\text{Rp}441.981.119}{\text{Rp}441.981.119 - (\text{Rp}195.436)} \times (54\%) = 53,98\%$$

$$\text{IRR} > \text{MARR} = 53,98\% > 12\%$$



Lampiran 16. Tabel Perhitungan *Payback Periode* (PP)

Thn	<i>Cash Flow Cost</i>		<i>Cash Flow Benefit</i>		<i>Cash Flow Utuh</i>		COMMULATIVE NET CASH FLOW	
0	Rp	250.000.000			-Rp	250.000.000		
1	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	-Rp	110.702.235
2	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	Rp	28.595.531
3	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	Rp	167.893.296
4	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	Rp	307.191.062
5	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	Rp	446.488.827
6	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	Rp	585.786.592
7	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	Rp	725.084.358
8	Rp	31.250.000	Rp	170.547.765	Rp	139.297.765	Rp	864.382.123

Keterangan :

- Investasi Awal = Rp 250.000.000
- *Cash Flow Cost* = Rp31.250.000
- *Cash Flow Benefit* = Rp170.547.765
- *Cash Flow Utuh* = Rp139.297.765

- Perhitungan *Commulative Net Cash Flow*

1. $CNCF_1 = Laba_0 + Laba_1 = -Rp250.000.000 + Rp139.297.765 = -Rp110.702.235$

2. $CNCF_2 = Laba_1 + Laba_2 = -Rp110.702.235 + Rp139.297.765 = Rp28.595.531$

3. $CNCF_3 = Laba_2 + Laba_3 = Rp28.595.531 + Rp139.297.765 = Rp167.893.296$

4. $CNCF_4 = Laba_3 + Laba_4 = Rp167.893.296 + Rp139.297.765 = Rp307.191.062$

5. $CNCF_5 = Laba_4 + Laba_5 = Rp307.191.062 + Rp139.297.765 = Rp446.488.827$

6. $CNCF_6 = Laba_5 + Laba_6 = Rp446.488.827 + Rp139.297.765 = Rp585.786.592$

7. $CNCF_7 = Laba_6 + Laba_7 = Rp585.786.592 + Rp139.297.765 = Rp725.084.358$

8. $CNCF_8 = Laba_7 + Laba_8 = Rp725.084.358 + Rp139.297.765 = Rp864.382.123$

- Perhitungan *Payback Period (PP)*

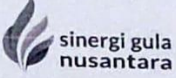
$$PP = \frac{\text{Investasi awal}}{\text{Cash In}} \times \text{Tahun} = \frac{Rp250.000.000}{Rp170.547.765} \times 1 = 1,47 \text{ tahun}$$

Lampiran 17. *Alat Vapour Line Juice Heater*



Lampiran 18. Surat Izin Penelitian

PG PRADJEKAN
JL. KH. R. Asad Syamsul Arifin, Kel. Prajejan Kidul
Kec. Prajejan, Kab. Bondowoso, Prov. Jawa Timur 68285
Email : pradjekan@sinergigula.com

 **sinergi gula nusantara**

MEMO
SG32-RUPA-SBI/20231004.001

Kepada : Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember
Dari : General Manager PG Pradjekan

Bondowoso, 4 Oktober 2023

Perihal : PERMOHONAN IJIN PENELITIAN

Kepada Yth. :
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember
Jalan Kalimantan 37 Jember 68121


JEMBER

Menindaklanjuti surat saudara nomor : 4762/UN25.7/LT/2023 tanggal 02 Oktober 2023 tentang hal tersebut diatas, dengan ini disampaikan bahwa PT Sinergi Gula Nusantara Pabrik Gula Pradjekan bersedia dan memberikan ijin mahasiswa Saudara :

Nama : FITRI WULANDARI
NIM : 201710301080
Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

untuk melaksanakan Penelitian di Perusahaan kami yang akan dilaksanakan dari Oktober 2023 s.d selesai.

Demikian untuk menjadikan maklum.

SINERGI GULA NUSANTARA

Ditandatangani secara Elektronik
MAHINDAN ANDAWIJAYA

AKHLAK – Amanah, Kompeten, Harmonis, Loyal, Adaptif, Kolaboratif

PT Sinergi Gula Nusantara

Head Office
Graha Nusa Tiga
Jl. Proklamasi No. 25 Menteng Jakarta Pusat 10320
✉ contact@sinergigula.com

Representative Office
PTPN XI Building
Jl. Merak No. 1 Krembangan Surabaya 60175
🌐 www.sinergigula.com