

PERENCANAAN PENGHEMATAN ENERGI DENGAN SISTEM KOGENERASI / COMBINE HEAT AND POWER (CHP) CAPSTONE MICROTURBINE C-30 DI PT DUA KELINCI

Imam Abdul Rozaq

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muria Kudus
Email: imam.rozaq@umk.ac.id

Noor Yulita Dwi Setyaningsih

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muria Kudus
Email: noor.yulita@umk.ac.id

ABSTRAK

PT Dua Kelinci adalah salah satu industri makanan yang terbesar di Pati yang memiliki daya listrik sebesar 4950 kVA. PT Dua Kelinci perlu melakukan penghematan energi, salah satunya dengan kogenerasi (penggabungan antara listrik dan panas). Penelitian ini dimulai dari pengambilan data berupa kebutuhan listrik dan panas pada proses pembuatan kacang telur menggunakan teknologi kogenerasi Capstone Microturbine C-30 di PT Dua Kelinci. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis teknis dan analisis lingkungan. Dari hasil analisis dihasilkan bahwa asumsi pada kondisi awal harus membayar biaya listrik dan panas sebesar Rp 959.784.664,00 sedangkan dengan menggunakan kogenerasi hanya membayar Rp 774.499.669,00 pertahun. Jadi penghematan total sebesar Rp 185.284.995,00 per tahun. Kelebihan penjualan listrik sebesar 103.680 kW (Rp 101.088.000,00), kelebihan penjualan panas sebesar 4,075 TJ/tahun (Rp 255.085.220,00), dan perdagangan emisi gas rumah kaca sebesar 130,88 tonCO₂ (Rp 10.470.800,00) yang dapat diasumsikan seperti menanam pohon sebanyak 29 hektar pepohonan. Setelah dilakukan perhitungan Analisis Capital Budgeting diperoleh NPV (Net Present Value) sebesar Rp 107.058.448,00 dan IRR (Internal Rate of Return) sebesar 12,75 % serta PBP (Pay Back Periode) 5,18 tahun sehingga proyek penerapan sistem kogenerasi dengan menggunakan Capstone Microturbine C-30 layak diterima karena nilai NPV lebih besar dari nol dan nilai IRR lebih besar dari tingkat suku bunga bank serta PBP yang dihasilkan sebesar 5,18 tahun.

Kata kunci: energi, kogenerasi, capstone microturbine.

ABSTRACT

PT Dua Kelinci are one of the largest food industry in Pati which has a power of 4950 kVA. PT Dua Kelinci need to save energy, one with cogeneration (combine electricity and heat). The study began collecting data in the form of electricity and heat needs in the process of making "kacang telur" set cogeneration that will be used Capstone Microturbine C-30 in PT Dua Kelinci. The method used includes technical analysis, economic analysis, and environmental analysis. From the analysis that the assumption in the initial conditions have to pay the cost of electricity and heat at Rp 959.78.664,00 while using cogeneration only pay Rp 774.499.669,00 per year. So the total savings of Rp 185.284.995,00, per year. Excess generated electricity sales amounted to 103.680 kW (Rp 101.088.000,00), excess heat sales amounted to 4.075 TJ / year (Rp 255.085.220,00), and greenhouse gas emissions trading at 130.88 tonCO₂ (Rp 10.470.800,00) which can be assumed to be like a tree planted by 29 acres of trees. After calculating the Analysis of Capital Budgeting NPV (Net Present Value) of Rp 107.058.448,00 and IRR (Internal Rate of Return) of 12,75 % and PBP (Payback Period) 5,18 years so that project implementation cogeneration system using the Capstone Microturbine C-30 deserves because NPV is greater than zero and the IRR is greater than bank interest rates and the resulting PBP was 5,18 years.

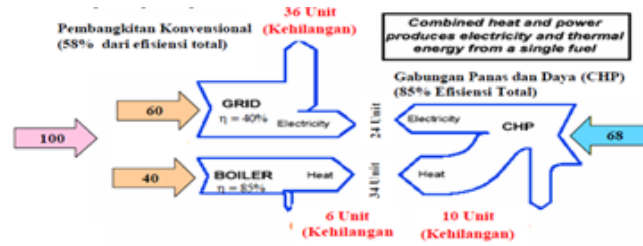
Keywords: energi, kogenerasi, capstone microturbine.

1. PENDAHULUAN

PT Dua Kelinci yang beralamatkan di jalan Pati Kudus km 6,3 Pati merupakan salah satu industri terbesar di Pati, dan mempunyai banyak peralatan sehingga membutuhkan banyak energi listrik yaitu dari PLN sebesar 4950 kVA. Dengan daya sebesar itu maka PT Dua Kelinci merupakan salah satu pengguna energi listrik yang besar sehingga kalau penggunaannya tidak efisien maka banyak energi yang terbuang. Agar energi tidak terbuang maka banyak yang harus dilakukan salah satunya adalah penghematan energi. Untuk melakukan penghematan energi ada

pilihan yang dilakukan antara lain peningkatan kualitas daya listrik, penggunaan alat hemat energi, manajemen energi, penerapan kogenerasi dan lain lain.

Kogenerasi atau *Combine Heat And Power (CHP)* adalah sebuah teknologi yang menggabungkan antara dua energi yaitu panas dan listrik[1][4][5][6][8]. Ilustrasi penggunaan kogenerasi dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Pembangkit Konvensional Vs Kogenerasi[2]

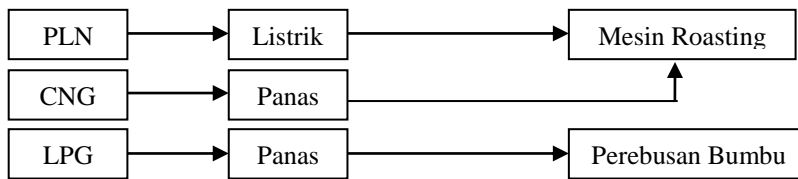
Ada enambelas prinsip umum manajemen energi yang dikemukakan oleh Craig B. Smith dalam bukunya yang berjudul *Energy Management Principles*, yang merupakan prinsip-prinsip umum yang perlu dipelajari sebelum program manajemen energi dilakukan. Prinsip – prinsip tersebut yaitu review sejarah penggunaan energi, audit energi, menganalisis energi yang digunakan, menggunakan peralatan yang lebih efisien, menggunakan proses yang lebih efisien, menahan energi (pengembalian panas dan pengurangan limbah), operasi dan pemeliharaan, penggantian bahan (material), ekonomi bahan (pemotongan pemulihan, penyelamatan dan daur ulang), pemilihan bahan yang berkualitas, pengumpulan energi yang digunakan, pengurangan energi, menggunakan sumber energi alternatif, konversi energi, penyimpanan energi, dan evaluasi ekonomi. [3]

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun urutan yang dilakukan dalam metode ini adalah (1) Himpun Data yang terdiri dari Observasi Alur Proses Produksi, (2) Menghitung Kebutuhan Listrik dan Panas, (3) Setelah mengetahui kebutuhan listrik dan panas maka tentukan apakah perlu kogenerasi atau tidak, (4) Setelah dirasa perlu kogenerasi maka tentukan bahan bakar yang dipakai, (5) Lakukan studi kelayakan, (6) setelah dilakukan studi kelayakan maka kita akan mengetahui bahwa rencana kita layak atau tidak jika layak maka teruskan jika tidak berhenti.

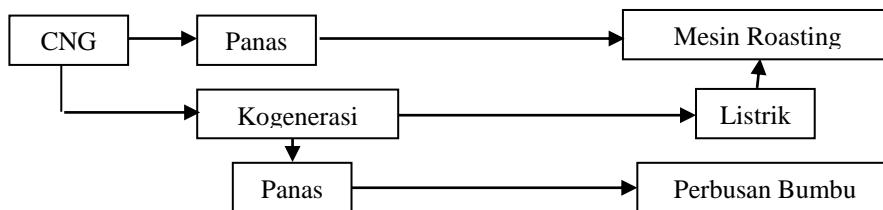
Penggunaan energi PT Dua Kelinci yaitu energi listrik di supply dari PLN dan Genset sedangkan energi panas berasal dari Boiler dan *Thermal Oil*, dan baru satu bulan ini PT Dua Kelinci menggunakan *CNG (Compress Natural Gas)*

Dengan melihat kondisi awal sistem penggunaan energi PT Dua Kelinci dan melakukan observasi di PT Dua Kelinci maka ada beberapa proses yang bisa dilakukan sebagai penerapan kogenerasi yang membutuhkan energi listrik dan energi panas. Salah satunya pada proses pembuatan kacang telur yang membutuhkan energi listrik dan panas secara bersamaan. Sehingga penulis mencoba mengkaji penerapan kogenerasi pada proses pembuatan kacang telur di PT Dua Kelinci. Untuk lebih jelasnya pemakaian energi di bagian pembuatan kacang telur akan di gambarkan pada gambar 2.



Gambar 2. Kondisi Awal Sistem Pada Pembuatan Kacang Telur[10]

Setelah melihat kondisi awal penggunaan sumber energi pada proses pembuatan kacang telur di PT Dua Kelinci maka selanjutnya dibuat skema sistem kogenerasi yang digambarkan pada gambar 3.



Gambar 3.. Skema Rencana Penerapan Sistem Kogenerasi[10]

Untuk menentukan kebutuhan listrik dari proses produksi kacang telur pada PT Dua Kelinci adalah Pada LWBP kita bisa menggunakan rumus $P \times Rp \ 1007,3 \times \text{jam pemakaian}$ sedangkan pada saat WBP maka LWBP $\times 1,5$. [4].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Energi Awal Sebelum Penggunaan Kogenerasi

Perhitungan energi listrik di sini dibedakan menjadi 2 yaitu perhitungan energi listrik waktu beban puncak (WBP) dan perhitungan energi listrik pada saar Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), hasilnya dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Kebutuhan Energi Pada Kondisi Awal[10]

| <i>Uraian</i> | <i>Kebutuhan Energi</i> |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Kebutuhan Listrik (PLN) | 1,49 TJ |
| Kebutuhan LPG (merebus bumbu) | 0,525TJ |
| Kebutuhan CNG (Oven) | 8,25 TJ |
| Total Kebutuhan Energi Kondisi Awal | 10,265 TJ |

3.2 Energi Yang Dihasilkan Rencana Kogenerasi

Perhitungan energi listrik di sini tanpa menggunakan waktu beban puncak (WBP) dan perhitungan energi listrik pada saar Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), hasilnya dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Energi yang dihasilkan rencana Kogenerasi[10]

| <i>Uraian</i> | <i>Energi per tahun</i> |
|-----------------------|-------------------------|
| Listrik Pengganti PLN | 1,86 TJ |
| Panas Pengganti LPG | 4,6 TJ |
| Panas oven dari CNG | 4,125 TJ |
| Total | 10,585 TJ |

Sehingga perbandingan antara penggunaan energi awal dan penggunaan kogenerasi akan diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel.3. Perbandingan sumber energi sebelum dan sesudah kogenerasi[10]

| <i>Uraian</i> | <i>Kondisi Awal</i> | <i>Kogenerasi</i> |
|---|---------------------|-------------------|
| Penggunaan Energi Listrik (PLN) | 1,49 TJ | 0 |
| Penggunaan Energi Panas perebusan bumbu (LPG) | 0,525TJ | 0 |
| Penggunaan CNG | 8,25 TJ | 10,585 TJ |
| Total | 10,265 TJ | 10,585 TJ |

3.3 Emisi Pada Kondisi Awal

Emisi dari penggunaan listrik yang berasal dari PLN adalah dengan cara mengalikan faktor emisi baselin dengan energi yang dibangkitkan[9]. Dengan menggunakan faktor emisi ketenagalistrikan JAMALI (Jawa Madura Bali) yaitu $0,725 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}$ dan energi yang dibangkitkan adalah $414.720 \text{ kWh/tahun}$.

Emisi GRK dari PLN adalah $0,725 \times 414.720$ sama dengan $300.672 \text{ kgCO}_2/\text{tahun}$ atau sama dengan $300,67 \text{ tonCO}_2/\text{tahun}$. Emisi GRK dari LPG adalah $0,525 \text{ TJ/tahun} \times 20 \text{ Ton C/TJ} \times 0,99 \times 44 \text{ tonCO}_2/12 \text{ tonC} = 38,115 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$.

Emisi GRK dari penggunaan CNG untuk pemanasan mesin oven roasting adalah $8,25 \times 15,3 \times 0,995 \times 44/12 = 460,5 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$. Emisi GRK dari kelebihan panas yang akan dijual adalah $4,075 \times 15,3 \times 0,995 \times 44/12 = 227,5 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$. Jadi emisi GRK adalah emisi GRK dari PLN + emisi GRK dari LPG + emisi CNG + emisi kelebihan panas adalah sebagai berikut

$$\text{Emisi GRK} = (300,67 + 38,115 + 460,5 + 227,5) \text{ ton CO}_2/\text{tahun} = 1026,785 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

3.4 Emisi GRK Menggunakan Capstone Microturbine C-30

Sebelum menghitung emisi harus menghitung jumlah pemakaian bahan bakar Capstone Microturbine C-30 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian bahan bakar CNG untuk kogenerasi} &= 433.000 \text{ BTU} \times 2 \times 8640 \\ &= 7.482.240.000 \text{ BTU} \\ &= 7,9 \text{ TJ} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui jumlah pemakaian bahan bakar Capstone Microturbin C-30 selama satu tahun adalah $7,9 \times 15,3 \times 0,995 \times 44/12 = 435,4 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$. Emisi GRK dari penggunaan CNG untuk pemanasan mesin oven roasting adalah $8,25 \times 15,3 \times 0,995 \times 44/12 = 460,5 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$. Sehingga emisi GRK saat menggunakan kogenerasi adalah $(435,4 + 460,5) \text{ ton CO}_2/\text{tahun} = 895,9 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$

3.5 Pengurangan Emisi GRK

Pengurangan emisi GRK adalah dengan cara pengurangan emisi sebelum pemakaian kogenerasi dan setelah pemakaian kogenerasi, $1026,785 \text{ ton CO}_2 - 895,9 \text{ ton CO}_2 = 130,885 \text{ ton CO}_2$. Jika pengurangan emisi gas rumah kaca (CO_2) sebesar $130,885 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$ dan menganalogikan bahwa $1 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$ sama dengan menanam 1 batang pohon yang rimbun maka dengan menggunakan Capstone microturbine C-30 dapat menanam pohon sebanyak $130.885 \text{ kg} / 13 \text{ kg per pohon} = 100.885$ pohon dan dengan menganalogikan $4,5 \text{ ton CO}_2$ dapat diserap satu hektar pohon maka $130,885 \text{ ton CO}_2$ dibagi $4,5$ hasilnya $29,085$ hektar pepohonan.

3.6 Metode Analized Cost

Metode Analized Cost dapat mengetahui karakteristik ekonomi berdasarkan total pengeluaran tahunan dan total pendapatan tahunan[7]. Total pengeluaran tahunan kogenerasi terdiri dari biaya investasi, biaya bahan bakar dan biaya operasi dan pemeliharaan[7]. Total pendapatan tahunan terdiri dari pendapatan penggunaan energi listrik, penggunaan energi panas, kelebihan energi listrik, kelebihan energi panas dan perdagangan emisi karbon. Sebelum masuk ke analisa ekonomi harus diketahui beberapa asumsi yaitu harga satu buah Capstone Microturbine C-30 adalah \$ 40.000,00, bunga bank 10%, operasi dan pemeliharaan \$0,0054/kWh dan $1\$ = \text{Rp } 12.000,00$.

3.7 Total Pendapatan Tahunan

Total pendapatan tahunan yang dimaksud adalah pendapatan yang akan didapatkan dalam waktu satu tahun yang terdiri dari pendapatan pemakaian listrik, pendapatan dari pemakaian panas, pendapatan kelebihan listrik, pendapatan kelebihan panas, dan pendapatan dari perdagangan emisi karbon.

- Pendapatan dari pemakaian listrik
Pendapatan dari pemakaian listrik pada waktu beban puncak (WBP) adalah $86400 \text{ kWh} \times \text{Rp } 803,00 \times 1,5 = \text{Rp } 104.068.800,00$ sedangkan pendapatan dari pemakaian listrik ada saat luar waktu beban puncak (LWBP) adalah $328.320 \text{ kWh} \times \text{Rp } 803,00 = \text{Rp } 263.640.960,00$. Sehingga pendapatan dari pemakaian energi listrik adalah $\text{WBP} + \text{LWBP} = \text{Rp } 104.068.800 + \text{Rp } 263.640.960,00 = \text{Rp } 367.709.760,00$. [11]
- Pendapatan kelebihan energi listrik
Pendapatan kelebihan energi listrik = $103.680 \text{ kWh} \times \text{harga penjualan listrik}$
= $103.680 \text{ kWh} \times \text{Rp } 975,00$
= $\text{Rp } 101.088.000,00$
- Pendapatan dari pemanasan mesin roasting
Pendapatan dari pemanasan mesin roasting maksudnya pemakaian energi panas untuk mesin roasting selama satu tahun, sehingga bisa menghitung dengan cara mengalikan penggunaan bahan bakar CNG dikalikan dengan waktu pemakaian yaitu
Pendapatan dari pemanasan mesin roasting = $7.824.726.135 \text{ BTU}/\text{tahun}$
= $7.824,726135 \text{ mmBTU}/\text{tahun}$
= $\$ 5,5 / \text{mmBTU} \times 7824,7 \text{ mmBTU}$
= $\$ 43,035.85$
= $\text{Rp } 516.430.200,00$
- Pendapatan dari pemakaian energi panas
Pendapatan pemakaian energi panas ini maksudnya pemakaian energi panas untuk perebusan bumbu selama satu tahun, sehingga bisa menghitung dengan cara mengalikan penggunaan bahan bakar elpiji dikalikan dengan waktu pemakaian yaitu:
Pendapatan dari pemakaian energi panas = $0,525 \text{ TJ} \times \text{Rp } 7355,00$
= $125.478.011 \text{ kcal} \times \text{Rp } 7355,00$
= $10.284,8 \text{ kg} \times \text{Rp } 7355,00$
= $\text{Rp } 75.644.704$
- Pendapatan dari kelebihan energi panas
Kelebihan panas ini yang dimaksud adalah dengan cara produksi panas dikurangi penggunaan panas dan dikalikan dengan harga LPG, Pendapatan dari kelebihan energi panas
= $(4,6 \text{ TJ} - 0,525 \text{ TJ}) \times \text{Rp } 7355,00$

- = 4,075 TJ x Rp 7355,00
- = 973.925.000 kcal x Rp 7355,00
- = 79.830 kg x Rp 7355,00
- = Rp 587.149.650,00
- f. Perhitungan emisi gas rumah kaca
 Sehingga kalau dalam perdagangan emisi karbon adalah
 Perdagangan emisi karbon = 130,885 ton CO₂/tahun x Rp 80.000,00
 = Rp 10.470.800,00

Secara rinci Total Pendapatan Tahunan Capstone Microturbin C-30 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pendapatan tahunan Capstone Microturbine C-30[10]

| <i>Uraian</i> | <i>Pendapatan</i> |
|---|--------------------|
| Pendapatan pemakaian energi listrik PLN | Rp 367.709.760,00 |
| Pendapatan kelebihan energi listrik PLN | Rp 101.088.000,00 |
| Pendapatan pemanasan CNG | Rp 516.430.200,00 |
| Pendapatan pemakaian tanpa LPG | Rp 75.644.704,00 |
| Pendapatan kelebihan energi panas | Rp 255.085.220,00 |
| Pendapatan pengurangan emisi karbon | Rp 10.470.800,00 |
| Total pendapatan tahunan | Rp1.326.428.684,00 |

3.8 Total Pendapatan Bersih

Setelah mengetahui total biaya tahunan yang harus di keluarkan dan total pendapatan tahun maka dapat mengetahui pendapatan bersih dengan cara mengurangi total pendapatan tahunan dengan total biaya tahunan.

$$\begin{aligned} \text{Total Pendapatan bersih} &= \text{total pendapatan tahunan} - \text{total biaya tahunan} \\ &= \text{Rp1.326.428.684,00} - \text{Rp1.141.143.689,00} \\ &= \text{Rp 185.284.995,00} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui penghematan yang bisa dilakukan setelah menerapkan sistem kogenerasi menggunakan dua buah capstone microturbine C-30 dijelaskan dalam tabel perbandingan antara kondisi awal dan kogenerasi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan antara kondisi awal dan kogenerasi[10]

| <i>Uraian</i> | <i>Kondisi awal (Rp)</i> | <i>Kogenerasi(Rp)</i> |
|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Penggunaan listrik PLN | Rp (367.709.760,00) | - |
| Penggunaan LPG | Rp (75.644.704,00) | - |
| Penggunaan CNG | Rp (516.430.200,00) | Rp (775.151.420,00) |
| Penjualan Kelebihan Listrik | - | Rp 101.088.000,00 |
| Pendapatan Kelebihan Panas | - | Rp 255.085.220,00 |
| Pengurangan Pajak CO ₂ | - | Rp 10.470.800,00 |
| Biaya Operasi Dan Pemeliharaan | - | Rp (116.392.269,00) |
| Biaya investasi tahunan | - | Rp (249.600.000,00) |
| Total | Rp (959.784.664,00) | Rp (774.499.669,00) |
| Penghematan | Rp 185.284.995,00 | |

Pada kondisi awal harus membayar biaya listrik dan panas sebesar Rp 959.784.664,00 sedangkan jika menggunakan kogenerasi hanya perlu membayar biaya listrik dan biaya panas tetapi mendapatkan Rp 774.499.669,00 dengan demikian total penghematan yang didapat adalah Rp 185.284.995,00

3.9 Analisis Capital Budgeting

Dalam mengevaluasi penerapan kogenerasi ini menggunakan analisis capital bugeting yaitu *Net Present Value (NPV)* *Internal Rate of Return (IRR)* dan *Pay Back Periode (PBP)* dengan asumsi usia ekonomi selama 9 tahun dan suku bunga sebesar 10%. Dengan asumsi ini pula dapat menguraikan arus kas masuk dan arus kas keluar. Arus kas masuk terdiri dari biaya listrik pada kondisi awal, biaya panas pada kondisi awal, penjualan kelebihan energi listrik, penjualan kelebihan energi panas dan perdagangan emisi gas rumah kaca. Sedangkan arus kas keluar terdiri dari biaya investasi awal, biaya bahan bakar, dan biaya operasi dan pemeliharaan. Dengan asumsi tersebut maka hasil perhitungan *NPV (Net Present Value)* dan *IRR (Internal Rate of Return)* serta *PBP (Payback Period)* diuraikan dalam tabel 6.

Dari tabel 4.8. dapat dijelaskan bahwa penerapan sistem kogenerasi dengan menggunakan *Capstone Mikroturbin C-30* layak diterima secara ekonomi karena nilai NPV lebih dari nol dan nilai IRR lebih besar dari

tingkat suku bunga bank serta PBP yang dihasilkan sebesar 5,18 tahun. Dengan kata lain investasi akan kembali kurang lebih dalam jangka waktu 5,18 tahun.

Tabel 6. Aliran kas tahunan sistem kogenerasi[10]

| <i>Uraian</i> | <i>Kogenerasi Capstone mikroturbin c-30</i> |
|-----------------------------------|---|
| Biaya Investasi Awal | Rp (960.000.000,00) |
| Arus Kas Keluar | |
| Biaya Investasi Tahunan | Rp (249.600.000,00) |
| Biaya Bahan Bakar (CNG) | Rp (775.151.420,00) |
| Biaya Operasi dan Pemeliharaan | Rp (116.392.269,00) |
| Arus kas masuk | |
| Pendapatan Tanpa PLN | Rp 367.709.760,00 |
| Pendapatan Tanpa LPG | Rp 75.644.704,00 |
| Pendapatan Kelebihan listrik | Rp 101.088.000,00 |
| Pendapatan mesin oven | Rp 771.515.420,00 |
| Pengurangan pajak CO ₂ | Rp 10.470.800,00 |
| Arus kas bersih | Rp 185.284.995,00 |
| NPV | Rp 107.058.448,00 |
| IRR | 12,75 % |
| PBP | 5,18 tahun |

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- Penerapan teknologi kogenerasi *Capstone Microturbine C-30* di PT Dua Kelinci dengan kelebihan penjualan listrik sebesar 103.680 kW (Rp.101.088.000,00), kelebihan penjualan panas sebesar 4,075 TJ/tahun (Rp. 255.085.220,00), dan perdagangan emisi rumah kaca sebesar 130,88 tonCO₂ (Rp.10.470.800,00) yang dapat diasumsikan seperti menanam pohon sebanyak 29 hektar pepohonan.
- Pada kondisi awal harus membayar biaya listrik dan panas sebesar Rp 959.784.664,00 sedangkan jika menggunakan kogenerasi hanya perlu membayar biaya listrik dan biaya panas Rp 774.499.669,00 dengan demikian total penghematan yang didapat adalah Rp 185.284.995,00 per tahun.
- Setelah dilakukan perhitungan *Analisis Capital Budgeting* maka diperoleh pendapatan bersih sebesar Rp 185.284.995,00 pertahun dengan analisis ekonomi yaitu *NPV (Net Present Value)* sebesar Rp 107.058.448,00 dan *IRR (Internal Rate of Return)* sebesar 12,75 % serta *PBP (Pay Back Periode)* 5,18 tahun sehingga proyek penerapan sistem kogenerasi dengan menggunakan *Capstone Microturbine C-30* layak diterima karena nilai NPV lebih besar dari nol dan nilai IRR lebih besar dari tingkat suku bunga bank serta PBP sebesar 5,18 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kiswanto, Aris, 2011. *Audit Energi Listrik Di Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang*, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang
- [2] UNEP, 2006. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*
- [3] Craig B. Smith, 2015. *Energy Management Principles*
- [4] Syamsurijal, 2009. *Analisis Sistem Kogenerasi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tello Makassar*, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNM, Makassar
- [5] J.C.Ho, K.J.Chua, S.K.Chou, 2003. *Performance study of a microturbine system for cogeneration application*, Renewable Energi 29.
- [6] Staffan Haugwitz, 2002. *Modelling of Microturbine Systems Department of Automatic Control - Lund Institute of Technology* Issn : 0280-5316.
- [7] Robi H Sumbiring, 2009. *Analisis Tekno-Ekonomi Pemanfaatan Gas Alam Menggunakan Sistem Kogenerasi di Rumah Sakit (Studi Kasus Rumah Sakit Kanker Dharmais)*, Universitas Indonesia, Depok.
- [8] Dinesh Raghavan, 2000. *Application of microturbine for power and cooling Master work at National University of Singapore* (Department of Mechanical and Production Engineering).
- [9] Arryanto Sagala, 2012. *Petunjuk Teknis Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Di Sektor Industri*. Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, Jakarta.
- [10] Rozaq, Imam Abdul, 2014, "Perencanaan Penghematan Energi Dengan Sistem Kogenerasi / Combine Heat And Power (CHP) Capstone Microturbine C-30 Di PT Dua Kelinci," Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- [11] http://www.pln.co.id/wp-content/uploads/2016/07/08_TA.png.