



Tesis-TM185400

**OPTIMASI PENJADWALAN PENGGANTIAN
PERALATAN DESALINATION PLANT
MENGUNAKAN METODE *BINARY INTEGER*
*PROGRAMMING***

**DINI RAHMAWATI, ST.
NRP. 02111750078007**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc**

**Program Magister
Bidang Keahlian Manajemen Energi
Kerjasama PT. Indonesia Power
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**



Tesis-TM185400

**OPTIMASI PENJADWALAN PENGGANTIAN
PERALATAN DESALINATION PLANT
MENGUNAKAN METODE *BINARY INTEGER
PROGRAMMING***

**DINI RAHMAWATI, ST.
NRP. 02111750078007**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc**

**Program Magister
Bidang Keahlian Manajemen Energi
Kerjasama PT. Indonesia Power
Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

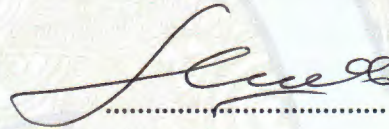
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
DINI RAHMAWATI
02111750078007

Tanggal Ujian: 17 Januari 2020
Periode Wisuda: Maret 2020

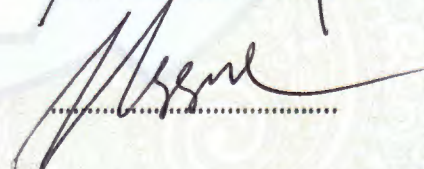
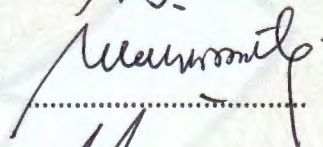
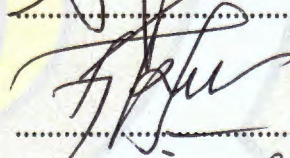
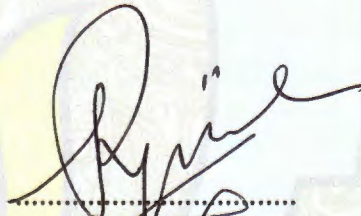
Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc.
NIP 195204171979031002

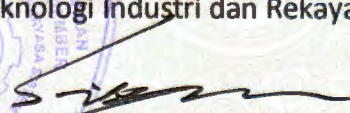


Penguji:

1. Arif Wahjudi, S.T., M.T., Ph.D
NIP 197303222001121001
2. Dr. Ir. Agus Sigit Pramono, DEA
NIP 196508101991021001
3. Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.
NIP 196202161995121001
4. Dr. Eng. Unggul Wasiwitono, S.T., M.Eng., Sc.
NIP 197805102001121001



Kepala Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem


Dr. Ir. Atok Setiyawan, M.Eng., Sc.
NIP 196604021989031002

OPTIMASI PENJADWALAN PENGGANTIAN PERALATAN DESALINATION PLANT MENGGUNAKAN METODE *BINARY INTEGER PROGRAMMING*

Mahasiswa Nama : Dini Rahmawati, ST.
Mahasiswa ID : 02111750078007
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc

ABSTRAK

Setiap peralatan di pembangkitan listrik, baik peralatan utama maupun penunjang memiliki umur ekonomis. Peningkatan umur peralatan akan mengakibatkan naiknya biaya operasi dan pemeliharaan. Untuk itu, sangat penting dilakukan perencanaan jangka panjang yang sistematis, terintegrasi dan bersifat komprehensif dengan melakukan pemodelan untuk pemilihan peralatan sehingga bisa dipilih *action plan* yang optimum. Saat ini pengambilan keputusan dalam melakukan penggantian peralatan dilakukan berdasarkan pada ketidakmampuan peralatan untuk beroperasi, tanpa memperhitungkan biaya operasi dan pemeliharaan.

Operations Research (OR) dengan program matematis *binary integer programming* diusulkan untuk membuat model pengambilan keputusan dengan mencari cara terbaik dalam merancang kapan melakukan penggantian paling optimal untuk menghasilkan keuntungan maksimum. Langkah ini dilakukan dengan memperhitungkan nilai pemasukan, biaya operasi dan perawatan, nilai sisa, dan biaya investasi suatu alat. Biaya pengambilan keputusan diperhitungkan dalam periode 10 (sepuluh) tahun. Dalam penelitian ini pemodelan matematis diaplikasikan untuk 10 (sepuluh) peralatan pada *Desalination plant*.

Dari Hasil optimasi diperoleh langkah-langkah pengambilan keputusan berupa mengganti atau mempertahankan berbagai peralatan *Desalination plant* selama 10 (sepuluh) tahun perkiraan umur hidup peralatan yang mampu menghasilkan biaya minimal.

Kata kunci : Pembangkitan Listrik, Desalination Plant, Penggantian Peralatan,
Binary Integer Programming,

Halaman ini sengaja dikosongkan

REPLACEMENT SCHEDULING DESALINATION PLANT USING BINARY INTEGER PROGRAMMING METHOD

Name : Dini Rahmawati, ST.
ID : 02111750078007
Advisor : Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc

ABSTRACT

Every equipment, both main and supporting, in electricity generation, has an economic life. An increase age of assets will be followed by an increase of operating and maintenance costs. It is therefore very important to carry out a systematic, integrated, and comprehensive long-term planning by conducting economic evaluation modeling on the condition of the equipment in order that the optimum action plan can be selected. In the existing condition the decision about the replacement of equipment is based on the inability of the equipment to function, without considering the increase of operating and maintenance costs that have been incurred.

A binary integer programming mathematical program is used to model decision making to find the most optimal replacement policy to generate maximum profits. With considering the value of income, operating and maintenance costs, salvage value and investment cost. The handling cost is calculated in a period of 10 (ten) years. In this study mathematical modeling was applied to 10 (ten) equipment in the Desalination plant.

From the optimization results obtained by decision-making steps in the form of replacing or keeping parts of Desalination plant equipment for 10 (ten) years estimated life of the equipment capable of producing minimal costs.

Keywords: Electricity Generation, Desalination Plant, Equipment Replacement,
Binary Integer Programming,

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil alamin, Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan petunjuk dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “*Optimasi Penjadwalan Penggantian Peralatan Desalination Plant menggunakan Metode Binary Integer Programming*”.

Penyusunan tesis ini merupakan bagian dalam menyelesaikan Program Magister Manajemen Energi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari keberhasilan penulisan tesis ini mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penulisan tesis ini, antara lain kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abdullah Shahab, MSc, selaku dosen pembimbing tesis.
2. Seluruh jajaran direksi PT. Indonesia Power yang telah memberikan kesempatan studi S2 Manajemen Energi ITS.
3. Orang tua tercinta yang selalu mendoakan.
4. Suami dan anak tercinta yang selalu memberikan doa dan supportnya, yang dengan sangat sabar selama 2 tahun weekend nya terganggu karena bubunya harus kuliah.
5. Mbak Vini, teman wanita satu-satunya yang apa-apa selalu bareng sekaligus kakakku, sukses di tempat baru ya mbak Vin.
6. Rekan-rekan S2 yang selalu memberikan semangat.
7. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik mesin ITS.
8. Dan semua pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini jauh dari sempurna, saran dan masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 17 Januari 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

	Hal.
COVER	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Hasil Penelitian	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	5
2.2 <i>Operations Research</i>	9
2.2.1 <i>Linear Programming</i>	10
2.2.2 <i>Integer Linear Programming</i>	10
2.2.3 <i>Network Model-Shortest Route Algoritma</i>	10
2.2.3.1 Definisi Jaringan	10
2.2.3.2 <i>Shortest Route Algoritme</i>	11

2.3 Penelitian Terdahulu.....	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Identifikasi masalah.....	15
3.2 Pengumpulan Data.....	16
3.3 Pembuatan Model Matematis	16
3.3.1. Mempertahankan Peralatan	19
3.3.2. Mengganti Peralatan	21
3.3.3. Pemodelan Matematis.....	22
3.4 Pembuatan Program dan Analisis.....	25
3.5 Pengambilan Keputusan dan Saran	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Data penelitian.....	27
4.2 Pemodelan matematis.....	30
4.3 Hasil dan pembahasan	33
4.3.1 Model penggantian peralatan <i>caustic pump</i>	33
BAB 5 KESIMPULAN	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN 1	41
LAMPIRAN 2	50
LAMPIRAN 3	54
LAMPIRAN 4	72
LAMPIRAN 5	99
BIOGRAFI PENULIS	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses konversi energi pada PLTU	5
Gambar 2.2 Siklus fluida kerja pada PLTU	6
Gambar 2.3 <i>One Through MSF Desalination</i>	8
Gambar 2.4 Hubungan antara Node dan Busur	11
Gambar 2.4 Cabang-cabang penentuan untuk <i>belt conveyor</i> berusia satu tahun...	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	17
Gambar 3.2 Cabang-Cabang Penentuan Mempertahankan atau Mengganti Peralatan	19
Gambar 4.1 Cabang-Cabang Penentuan Mempertahankan atau Mengganti Peralatan <i>Caustic pump</i>	28

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar Peralatan Yang akan Dianalisis.....	15
Tabel 3.2 Data Finansial Penggunaan Peralatan	18
Tabel 3.3 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan pada 3 (tiga) tahun pilihan.....	22
Tabel 4.1 Data Finansial Penggunaan Peralatan <i>Caustic pump</i>	27
Tabel 4.2 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan pada 10 (sepuluh) tahun pilihan untuk <i>caustic pump</i>	29
Tabel 4.3 Hasil analisa untuk <i>caustic pump</i>	35
Tabel 4.4 Langkah penggantian optimal untuk berbagai peralatan desalination plant.....	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini listrik merupakan salah satu kebutuhan primer seluruh manusia di dunia. Listrik dihasilkan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU).

PT. Indonesia Power merupakan salah satu anak perusahaan PT. PLN (Persero) yang bergerak di bidang pembangkitan tenaga listrik, salah satu Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang dimiliki adalah berbahan baku batubara.

Dalam rangka mendukung laju pertumbuhan Perusahaan yang diharapkan semakin cepat dan kompetitif dan mendukung pencapaian visi dan misi perusahaan serta telah ditetapkan antara lain agar Perusahaan fokus pada kegiatan operasi dan pemeliharaan, dengan sasaran Keunggulan Operasional (*Operational Excellent*), manajemen PT. Indonesia Power telah mencanangkan Implementasi Manajemen Aset Pembangkit sebagai salah satu aspek strategis yang harus dikembangkan untuk mencapai sasaran tersebut.

Pilar utama proses operasional pembangkit yaitu Manajemen Perencanaan Kerja & Kontrol, Manajemen Reliability, Manajemen Suplai Chain, Manajemen Overhaul, Manajemen Efisiensi dan Manajemen Operasi. Ke-enam pilar tersebut merupakan proses utama proses operasional pembangkit dalam meningkatkan kesiapan pembangkit, keandalan dan efisiensi pembangkit serta efektifitas proses, maksudnya meningkatkan koordinasi antar bidang dengan melakukan praktek terbaik dalam bidang operasi dan pemeliharaan.

Secara kolaboratif mengintegrasikan Manajemen Aset Pembangkit dengan semua program yang telah dan sedang berjalan selaras dengan sistem manajemen lainnya yaitu *Life Cycle Management* (LCM).

Life Cycle Management (LCM) sebagai salah satu program strategis Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP) yang bertujuan untuk meningkatkan *reliability*, *availability*, *maintainability*, dan *safety* pembangkit serta mempertahankan dan

meningkatkan kapasitas dan kinerja jangka panjang untuk menjaga kelangsungan perusahaan. Salah satu tools dalam penyusunan LCM adalah LCCA.

Life Cycle Cost Analysis (LCCA) adalah sebuah metoda ekonomi evaluasi proyek dimana seluruh biaya penting yang timbul dari suatu proyek mulai dari pembelian, operasi, pemeliharaan dan pembuangan (*disposing*) untuk pengambilan keputusan ^[1]. Pengambilan keputusan yang diinginkan adalah memakai ulang atau mengganti.

Proses PLTU merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik, dimana air sebagai umpan dalam menghasilkan uap air, maka kebutuhan akan air menjadi sangat penting. Indonesia memiliki sumber daya air laut yang cukup besar, sehingga dapat dimanfaatkan secara maksimal, untuk itu diperlukan suatu proses lanjutan sebelum dapat digunakan menjadi air umpan boiler, salah satunya dengan proses desalinasi.

Desalination plant merupakan salah satu peralatan yang sangat vital dalam proses pengoperasian PLTU. *Desalination* adalah alat untuk mengurangi kadar garam dengan cara evaporasi disebut juga *desalination plant*. Sistem *Desalination plant* yang dipakai adalah *One Through Multiple Stage Flash Evaporator Desalination*. Saat ini pengambilan keputusan dalam melakukan penggantian peralatan berdasarkan pada ketidakmampuan peralatan tersebut untuk beroperasi, tanpa memperhitungkan biaya operasi dan pemeliharaan yang telah dikeluarkan sudah semakin besar.

Metodologi berbasis *Dynamic Programming* telah digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi penggantian peralatan ^[2]. Aplikasi metode ini ditunjukkan juga pada penggantian belt conveyor ^[3]. Penelitian lain yang bertujuan mengembangkan model matematis untuk menyelesaikan masalah optimisasi penjadwalan job-job pada mesin produksi berbasis Integer Programming juga sudah dilakukan ^[4]. Metodologi berbasis *Integer Programming* ini digunakan juga dalam penelitian untuk menentukan interval waktu pemeliharaan pencegahan kegagalan dengan melakukan optimisasi jadwal penggantian komponen mesin packer ^[5].

Berdasarkan pada penelitian-penelitian tersebut, peneliti mencoba membuat model matematis dalam menyelesaikan optimasi penggantian peralatan pada *Desalination Plant* menggunakan metodologi berbasis *Binary Integer Programming*, sehingga didapatkan rekomendasi penggantian peralatan yang memberikan keuntungan maksimal.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang ingin diselesaikan dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat model matematis untuk menentukan optimasi penggantian peralatan dengan mendapatkan keuntungan maksimal, dan menyediakan informasi untuk mendukung pengambilan keputusan.

1.3 Asumsi dan Batasan Masalah

Agar penelitian ini sesuai dengan tujuan maka diperlukan asumsi dan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

- a. Studi hanya dilakukan pada salah satu unit peralatan pendukung pembangkit yaitu *Desalination Plant*, PLTU Suralaya.
- b. Biaya pembelian peralatan dan lain-lain diperkirakan sesuai dengan data pada bagian pembelian dan dianggap tetap.
- c. Data terkait dengan besaran-besaran finansial diketahui selama umur hidup peralatan.
- d. Pembelian atau penjualan peralatan dianggap bisa dilakukan segera setelah pengambilan keputusan dilakukan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Membuat model simulasi kebijakan penggantian peralatan.
- b. Menentukan keputusan yang harus diambil setiap tahun untuk sebuah peralatan.

1.5 Manfaat Hasil Penelitian

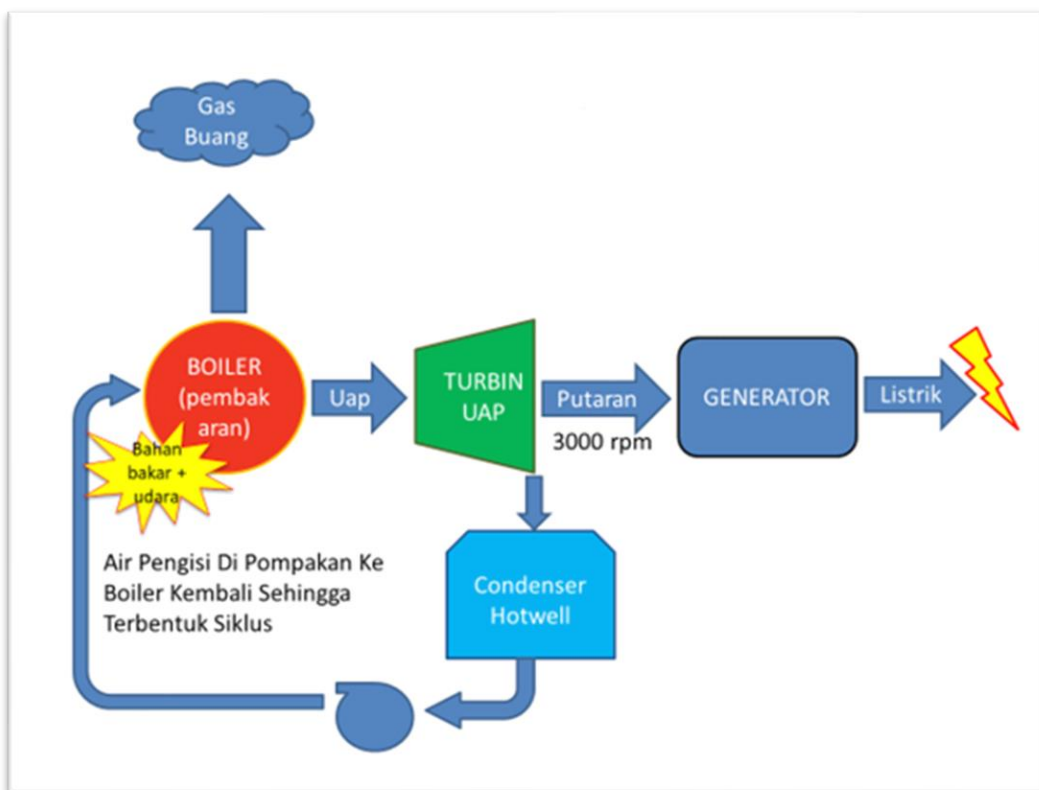
Manfaat penelitian yang didapat adalah memberikan kontribusi pada perusahaan dengan mengoptimalkan biaya pemeliharaan dan penggantian alat melalui simulasi kebijakan penggantian tanpa harus melakukan coba-coba (*trial and error*) untuk setiap kebijakan.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

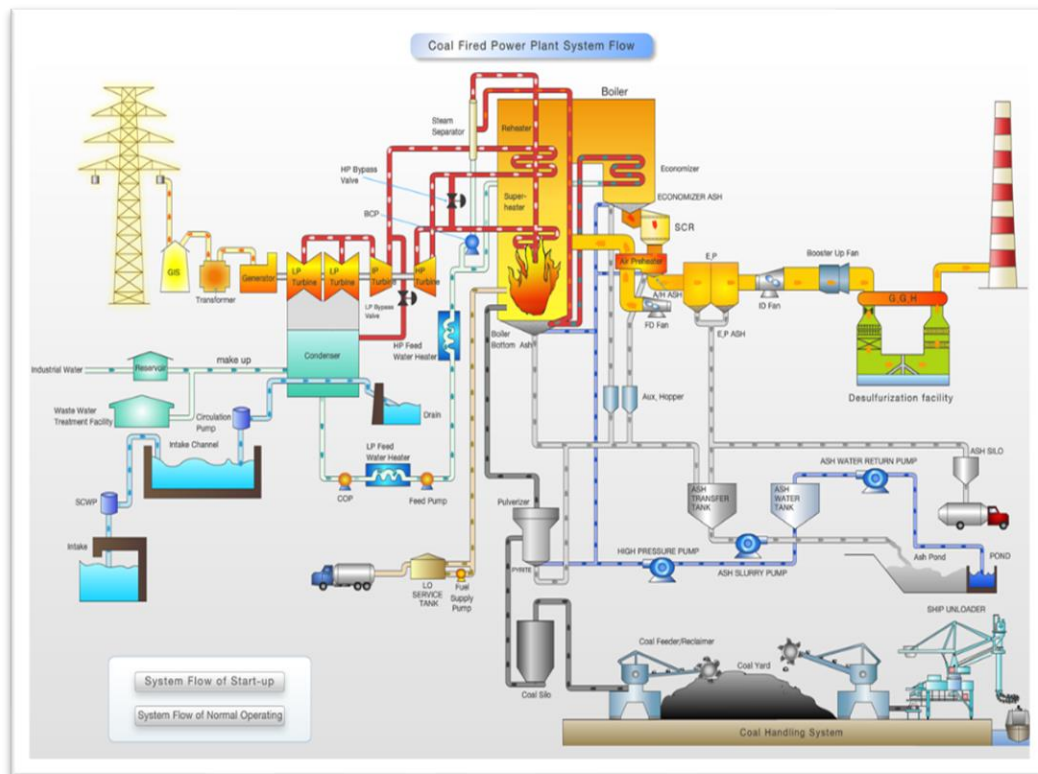
PLTU merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan (diilustrasikan pada Gambar 2.1) ^[6], yaitu pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi. Kedua, energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik.



Gambar 2.1 Proses konversi energi pada PLTU

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut :

- a. Air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Di dalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
- b. Uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
- c. Generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator.
- d. Uap bekas keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Siklus fluida kerja pada PLTU

Bagian Utama yang terdapat pada PLTU adalah :

a. Boiler

Boiler berfungsi untuk mengubah air (*feed water*) menjadi uap panas lanjut (*superheated steam*) yang akan digunakan untuk memutar turbin.

b. Turbin Uap

Turbin uap berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.

c. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin (uap yang telah digunakan untuk memutar turbin).

d. Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik.

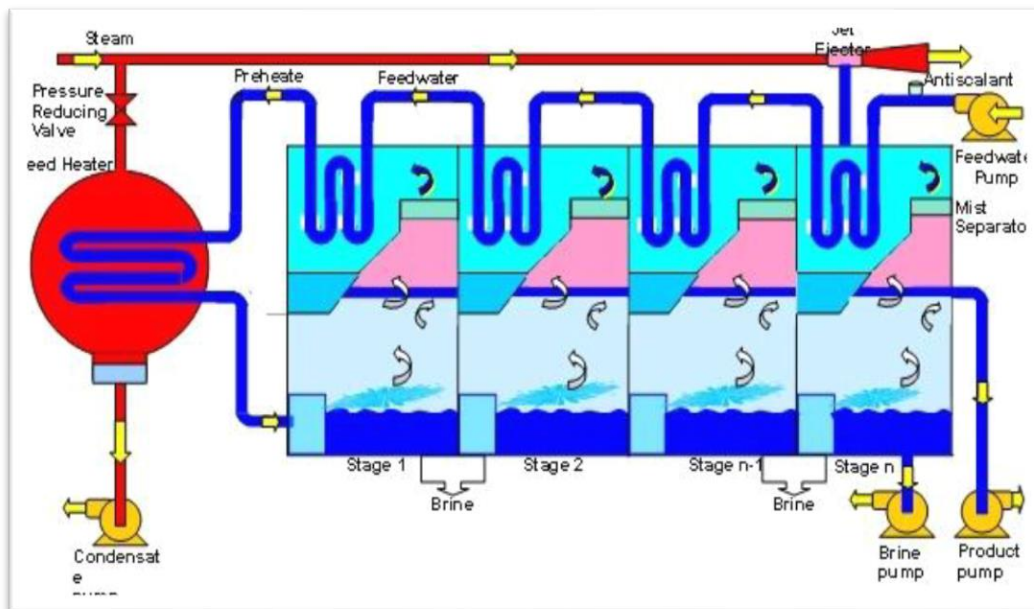
Desalination plant merupakan salah satu peralatan yang sangat vital dalam proses pengoperasian PLTU. Desalination adalah alat untuk mengurangi kadar garam dengan cara evaporasi disebut juga *desalination plant*. Sistem *Desalination plant* yang dipakai di PLTU Suralaya adalah *One Through Multiple Stage Flash Evaporator Desalination*.

Tiap-tiap tingkat terdiri dari 2 (dua) ruangan , yaitu ruangan penguapan dan ruangan pengembunan. Air laut dipompa dan dilewatkan kedalam pipa-pipa penukar kalor di dalam ruangan kondensasi (sebagai pendingin), dan sekaligus juga dipanaskan oleh uap yang timbul di ruang penguapan (mengambil kalor latent). Selanjutnya air laut dipanaskan didalam pemanas air laut (*brine heater*), dan dimasukkan kedalam ruang penguapan (*flash chamber*) tingkat pertama.

Sistem ini terdiri dari *heat recovery section*, *heat rejection section*, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3. Setelah melewati bagian *condensor heat rejection*, sebagai pendingin, sebagian air laut dipakai sebagai air penambah pada tingkat terakhir, dan sebagian lagi dibuang keluar (*blowdown*). Sebagian *brine* tingkat terakhir diencerkan dengan air penambah (*make up*) dan disirkulasikan melewati pendingin (*condensor*) *heat recovery section* dan sisa air *brine* sebagian dibuang

untuk mempertahankan *concentration factor*. Setelah melewati condensor-condensor dari *heat recovery section*, *brine* dipanaskan sampai suhu terminalnya dan masuk tingkat pertama ruang penguapan (*flash chamber*). Penguapan berlanjut terus di dalam ruang-ruang penguapan, *brine* mengalir dari tingkat pertama sampai tingkat terakhir. Setelah dicampur dengan air penambah, *brine* mengalir ke dalam pompa sirkulasi dan proses berulang kembali

Uap yang berasal dari *auxiliary steam* masuk ke dalam tube-tube pada efek pertama untuk memanaskan air laut. Air laut masuk ke dalam efek pertama dengan cara dispray ke tube-tube yang berisi uap. Saat itu juga uap yang ada didalam tube akan terkondensasi dan menghasilkan destilat kemudian ditampung di destilat box. Di sisi lain temperatur air laut akan naik dan menguap karena tekanan di bawah atmosfer. Uap yang terbentuk akan masuk ke efek ke dua dan seterusnya hingga efek terakhir.



Gambar 2.3 One Through MSF Desalination

Desalination plant C unit 5-7 mempunyai kapasitas produksi maksimal 130 ton/jam dengan loadset 100%. Saat ini desalt C unit 5-7 hanya mampu beroperasi pada load 50% dengan produksi kurang lebih 65 ton/jam. Hal ini disebabkan oleh temperatur brine shell yang tinggi (melebihi batasan operasi 100 °C) apabila load set dinaikkan di

atas 50%. Batasan temperatur brine shell pada normal operasi adalah 100 °C. Apabila dalam pengoperasiannya temperatur brine shell melebihi batasan maka akan menyebabkan tube brine shell mengalami overheating.

Tiap-tiap komponen peralatan penunjang dilengkapi dengan sistem-sistem dan alat bantu yang mendukung kerja komponen tersebut. Gangguan atau *malfunction* dari salah satu bagian komponen utama akan dapat menyebabkan terganggunya seluruh sistem PLTU.

2.2 Operations Research

Operations Research (OR) adalah sebuah ilmu pendekatan ilmiah untuk pengambilan keputusan dengan mencari cara terbaik dalam merancang dan mengoperasikan suatu sistem dan pada kondisi sumber daya yang terbatas. Pendekatan ilmiah untuk pengambilan keputusan melibatkan penggunaan satu atau lebih model matematika. Model matematika adalah representasi matematis dari situasi yang dapat digunakan untuk membuat keputusan yang lebih baik atau hanya untuk mengetahui situasi yang sebenarnya lebih baik. [7]

Tahap-tahap penerapan OR meliputi : [2]

- a. Mendefinisikan masalah, dapat ditunjukkan dengan 3 aspek yaitu deskripsi mengenai tujuan dari studi tersebut, identifikasi alternatif keputusan dari studi tersebut dan pengenalan mengenai batasan dan persyaratan dari studi tersebut.
- b. Menyusun model, model ini harus dalam ekspresi kuantitatif dari tujuan dan batasan masalah dalam bentuk *Decision Variable*.
- c. Membuat solusi dari model dengan model matematis, dengan menggunakan teknik-teknik optimasi.
- d. Memvalidasi model, metode yang umum digunakan adalah dengan membandingkannya dengan data masa lalu yang tersedia untuk sistem tersebut.
- e. Mengimplementasi model solusi.

Komponen OR meliputi :

- a. *Objective Function* (Fungsi Tujuan)
- b. *Decision Variable* (Variable Keputusan)
- c. *Constraint* (Kendala)

Model Optimasi pada RO adalah upaya untuk menemukan nilai-nilai dari *Decision Variable* yang dioptimalkan (memaksimalkan atau meminimalkan) *Objective Function* di antara semua nilai *Decision Variable* yang memenuhi *Constraint* yang diberikan. [7]

Teknik OR yang paling populer adalah *Linear Programming*. Teknik ini dirancang untuk model dengan fungsi linear objective dan constraint. Di dalamnya termasuk model *Integer Programming*, *Dynamic Programming*, *Network Programming*, dan *Nonlinear programming*.

2.2.1 Linear Programming

Linear Programming berkaitan dengan optimasi (minimalisasi atau maksimalisasi) dari fungsi linear dengan batasan-batasan sumber daya yang tersedia. [8]

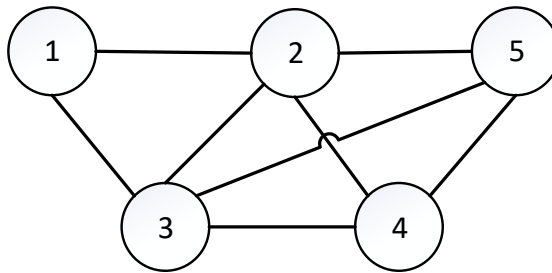
2.2.2 Integer Linear Programming

Integer Linear Programming adalah program linear dimana semua variabel memiliki nilai integer (bulat). Variable-variabel integer umumnya mewakili sejumlah diskrit objek (misalnya mesin, orang, kapal). Pada persoalan tertentu, seperti pada pemilihan proyek, variabel keputusan bisa diwakili dengan variable biner $x=0$ jika proyek tersebut ditolak atau $x=1$ jika diterima. [2]

2.2.3 Network Model-Shortest Route Algoritma

2.2.3.1 Definisi Jaringan

Sebuah jaringan terdiri dari sekelompok node yang dihubungkan oleh busur atau cabang, suatu jenis arus tertentu berkaitan dengan setiap busur. Notasi standar untuk menggambarkan sebuah jaringan G adalah $G=(N,A)$, dimana N adalah himpunan node dan A adalah himpunan busur. (Taha, 2007)



Gambar 2.4 Hubungan antara Node dan Busur

Dari Gambar 2.4. merupakan jaringan yang terdiri dari lima node dan delapan busur, dan dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$N = \{1,2,3,4,5\}$$

$$A = \{(1,3),(1,2),(2,3),(2,4),(2,5),(3,4),(3,5),(4,5)\}$$

2.2.3.2 Shortest Route Algorithm

Shortest Route (Rute Terdekat) berkaitan dengan penentuan busur-busur yang dihubungkan dalam sebuah jaringan transportasi yang secara bersama-sama membentuk jarak terdekat di antara sumber dan tujuan. [2]

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penggunaan metodologi berbasis *Equipment Replacement Dynamic Programming* (ERDP) telah digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi penggantian peralatan *belt conveyor* di perusahaan penambangan Emas di Zimbabwe. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan usia paling ekonomis dari *belt conveyor* dalam sistem penambangan, menghitung laba bersih maksimum yang diperoleh oleh perusahaan melalui keputusan 'Menyimpan atau Mengganti' *belt conveyor* dalam periode lima tahun, untuk memastikan kebijakan pengambilan keputusan yang optimal tentang 'Mempertahankan atau Mengganti' *belt conveyor* dalam sistem penambangan dalam jangka waktu lima tahun seumur hidup dan biaya keseluruhan penanganan material diminimalkan dalam periode lima tahun. Model matematis yang digunakan untuk menentukan mempertahankan adalah sebagai berikut :

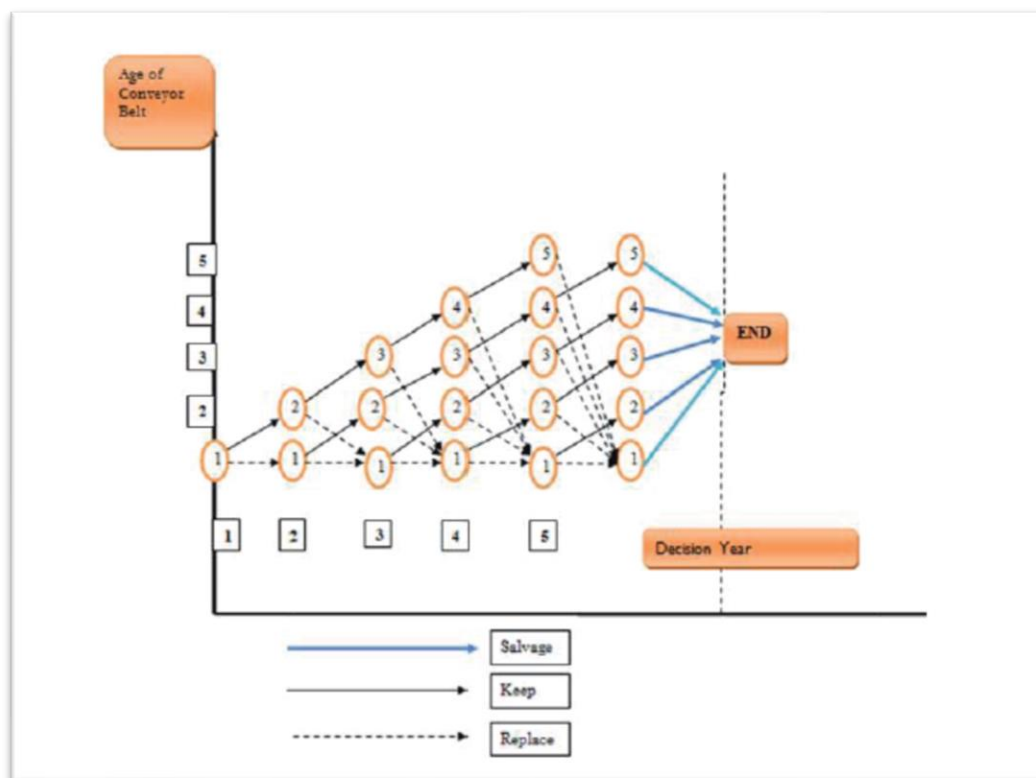
$$f_i(t) = \max r(t) - c(t) + f_{i+1}(t + 1) \quad (2.1)$$

Model matematis yang digunakan untuk menentukan mengganti adalah sebagai berikut :

$$f_i(t) = \max r(0) + s(t) - I - c(0) + f_{i+1}(1) \quad (2.2)$$

$$f_{n+1}(\cdot) = 0 \quad (2.3)$$

Gambar penjelasan tentang 'Mempertahankan atau Mengganti' *belt conveyor* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Cabang-cabang penentuan untuk *belt conveyor* berusia satu tahun

Hasil dari penelitian tersebut mengungkapkan bahwa usia paling ekonomis dari *belt conveyor* yang berumur satu tahun, bahwa kebijakan pengambilan keputusan yang optimal untuk 'Mempertahankan atau Mengganti' *belt conveyor* dalam sistem penambangan ini dalam jangka waktu lima tahun adalah untuk menyimpannya di tahun pertama dan menggantinya setiap tahun untuk empat tahun ke depan^[3].

Penelitian lain yang bertujuan mengembangkan model matematis untuk menyelesaikan masalah optimasi penjadwalan job-job pada mesin produksi berbasis *Integer Programming* juga sudah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan urutan penempatan kerja dan waktu tunggu yang meminimalkan waktu penyelesaian semua pekerjaan. pemodelan untuk fungsi tujuan adalah sebagai berikut :

$$\text{Minimize } K \geq x_{iko} + t_{iko} \quad (2.4)$$

Fungsi kendala dalam penelitian ini terkait dengan urutan pekerjaan dan konflik pekerjaan di mesin yang sama, kendala ini dituliskan dalam bentuk :

$$x_{ikn} + t_{ikn} \leq x_{iko} \quad (2.5)$$

$$x_{ikn} + t_{ikn} \leq x_{jkn} + M \cdot Y_{ijn} \quad (2.6)$$

$$x_{jkn} + t_{jkn} \leq x_{ikn} + M \cdot (1 - Y_{ijn}) \quad (2.7)$$

Hasil optimasi penjadwalan pekerjaan pada mesin produksi dalam penelitian ini mampu memberikan urutan penempatan kerja dan waktu tunggu yang meminimalkan waktu penyelesaian semua pekerjaan, waktu penyelesaian semua pekerjaan yang dihasilkan lebih baik daripada metode yang digunakan oleh perusahaan yaitu dari 78,113 menit ke 24,052 menit ^[4].

Penelitian lain yang menggunakan metodologi berbasis *Integer Programming* ini digunakan juga dalam penelitian untuk menentukan interval waktu pemeliharaan pencegahan kegagalan dengan melakukan optimasi jadwal penggantian komponen mesin packer. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan interval waktu yang optimal dan biaya yang minimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spare part mesin packer sebagian besar memiliki distribusi Weibull, dengan waktu penggantian optimal dan biaya penggantian minimal yang diperoleh bervariasi dari setiap spare part ^[5].

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap di antaranya identifikasi masalah, pengumpulan data, pembuatan model matematis, pembuatan program dan analisis, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

3.1 Identifikasi masalah

Tahap ini dilakukan pada obyek penelitian dengan mengidentifikasi masalah yang sedang terjadi saat ini. Pengamatan dilakukan pada peralatan *Desalination Plant*. Dalam penelitian ini peralatan yang akan dianalisis ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Daftar Peralatan Yang akan Dianalisis

NO.	NAMA ALAT
1	Blowdown pump
2	Ejector
3	Antiscale pump
4	Condensate pump
5	Demin water pump
6	Mixed bed air blower
7	Antifoam inject pump
8	Brine heater
9	Caustic pump
10	Distilate pump

Beberapa pustaka yang terkait dengan metode dan obyek penelitian ini digunakan sebagai referensi pada penelitian yang akan dilakukan. Akhir dari tahap ini adalah perumusan masalah dan tujuan dari penelitian.

Langkah-langkah penelitian digambarkan dalam diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Penjelasan setiap langkah akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data-data yang berhubungan dengan penelitian akan dikumpulkan. Data diperoleh dari pihak-pihak terkait dalam proses. Data yang diperlukan dalam penelitian ini di antaranya sebagai berikut:

- a. Daftar peralatan *Desalination Plant*
- b. Pemasukan (*Revenue*) suatu alat
- c. Biaya Operasi dan Perawatan (*Operation Cost*) suatu alat
- d. Nilai Sisa (*Salvage Value*) suatu alat
- e. Biaya Investasi (*Investment Cost*) suatu alat, dan
- f. Umur alat saat ini.

3.3 Pembuatan Model Matematis

Model matematis yang digunakan adalah untuk menentukan pilihan mengganti atau memakai ulang peralatan, sebagai ilustrasi akan dijelaskan dengan menggunakan sebuah contoh hipotetis sederhana berikut.

Sebuah peralatan "A" sudah dipakai selama 2 tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 4.000 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 3 (tiga) tahun mendatang.

Data yang terkait dengan peralatan ditunjukkan pada Tabel 3.2. Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 500 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 60 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 1 tahun ($n=1$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 450 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 70 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 1 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 2.800 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada Tabel 3.2.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

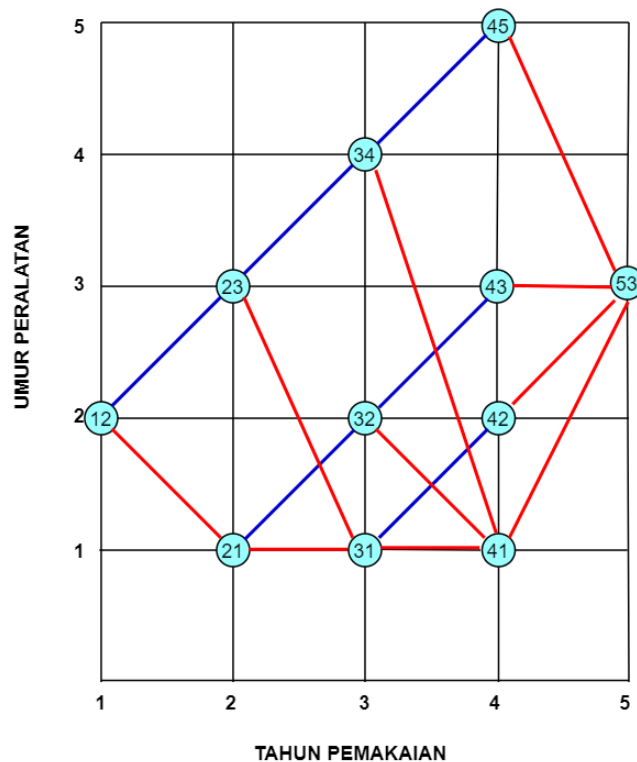
Penjelasan tentang mempertahankan atau mengganti peralatan ini akan lebih mudah dilakukan dengan melihat pilihan keputusan yang bisa diambil pada setiap tahun perencanaan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Tabel 3.2 Data Finansial Penggunaan Peralatan

UMUR ALAT	PEMASUKAN (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN (Rp)	NILAI SISA (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	500	60	-
1	450	70	2800
2	375	85	2600
3	275	100	2200
4	150	110	1800
5	100	180	1000

Gambar 3.2. memperlihatkan urutan langkah-langkah yang bisa dipilih dalam rangka memanfaatkan peralatan. Absis pada gambar menunjukkan tahun pemakaian dan ordinat menunjukkan umur dari peralatan. Saat ini peralatan berumur 2 tahun dan direncanakan untuk dipakai selama 3 tahun mendatang. Tahun pemakaian dan umur peralatan dinotasikan dengan dua buah angka seperti tampak pada simpul-simpul pada gambar. Peralatan yang saat ini berumur 2 tahun pada pilihan tahun pertama ini dinotasikan dengan notasi 12 yang berarti bahwa pengambilan keputusan pada tahun pertama dengan peralatan sudah berumur 2 tahun. Pada pengambilan keputusan tahun pertama ini terdapat 2 pilihan yaitu mempertahankan atau memakai kembali peralatan, yang ditunjukkan dengan cabang 12-23 pada gambar, atau mengganti peralatan dengan peralatan baru yang ditunjukkan dengan cabang 12-21. Jika misalnya peralatan masih dipertahankan, maka pengambilan keputusan tahun ke 2 akan terletak pada simpul 23 dengan pilihan cabang 23-34 untuk mempertahankan peralatan, dan cabang 23-31 untuk mengganti. Dari gambar dapat dilihat bahwa setiap langkah mengganti peralatan seperti cabang 12-21, 23-31, 34-41, dan sebagainya akan menyebabkan peralatan berumur 1 tahun pada tahun pilihan berikutnya.

Pada pemakaian peralatan tahun ke 3 pilihan mempertahankan peralatan adalah cabang 34-45, 32-43, dan 31-42 (lihat Gambar 3.2), sedangkan pilihan mengganti peralatan ditunjukkan dengan cabang 34-41, 32-41, dan 31-41. Cabang 45-53, 43-53, 42-53, dan 41-53 menunjukkan bahwa pada akhir pemakaian tahun ke 3, pemakaian peralatan akan dihentikan dan akan diperoleh nilai sisa sesuai dengan umur peralatan.



Gambar 3.2 Cabang-Cabang Penentuan Mempertahankan atau Mengganti Peralatan

Perhitungan biaya mempertahankan dan mengganti peralatan sekarang bisa dilakukan sebagai berikut:

3.3.1. Mempertahankan Peralatan

Apabila peralatan yang sudah dipakai akan digunakan kembali, maka pemakaian ulang peralatan ini akan menimbulkan biaya yang bisa ditentukan dengan persamaan berikut:

$$K = P_{(n)} - B_{(n)} \quad (3.1)$$

dimana :

K : Biaya mempertahankan peralatan.

$P_{(n)}$: Pemasukan yang diperoleh ketika peralatan berumur n .

$B_{(n)}$: Biaya operasi dan perawatan peralatan berumur n .

Sebagai contoh, biaya mempertahankan ulang peralatan selama 1 tahun dari peralatan yang sudah berumur 2 tahun adalah (cabang 12-23 pada Gambar 3.2, data dari Tabel 3.2).

$$K = P_{(n)} - B_{(n)}$$

$$K_{12-23} = P_{(2)} - B_{(2)}$$

$$K_{12-23} = 375 - 85$$

$$K_{12-23} = 290$$

Pada akhir umur hidup peralatan, rumus biaya mempertahankan peralatan ini berubah menjadi :

$$K = P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)} \quad (3.2)$$

Penambahan suku $S_{(n+1)}$ pada ruas kanan ini terjadi karena pada akhir hidup peralatan akan diperoleh pemasukan dari nilai sisa sesuai dengan umur peralatan yang berumur $n+1$.

Biaya mempertahankan peralatan (cabang 34-45, 32-43, 31-42) pada pengambilan keputusan tahun ke 3 untuk cabang 31-42, adalah :

$$K = P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$$

$$K_{31-42} = P_{(1)} - B_{(1)} + S_{(2)}$$

$$K_{31-42} = 450 - 70 + 2.600$$

$$K_{31-42} = 2.980$$

Nilai 2.600 pada perhitungan di atas diperoleh dari nilai sisa ketika peralatan berumur 2 tahun dan tidak dipakai lagi (lihat Tabel 3.2). Biaya mempertahankan peralatan untuk cabang-cabang lain dituliskan pada Tabel 3.3.

3.3.2. Mengganti Peralatan

Apabila peralatan diganti, maka akan timbul biaya pembelian peralatan sebesar 4.000 rupiah. Pemasukan yang akan diperoleh adalah 500 rupiah, dan biaya operasi dan perawatan 60 rupiah (lihat Tabel 3.2.). Pemasukan dan biaya yang terjadi sebesar 500 dan 60 rupiah masing-masing ini sesuai dengan data tabel untuk sebuah peralatan baru. Nilai sisa yang akan diterima adalah 2.600. Nilai 2.600 ini diperoleh karena peralatan sudah berumur 2 tahun.

Secara umum biaya mengganti peralatan bisa dituliskan dengan rumus:

$$R = P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I \quad (3.3)$$

Dimana :

S : Biaya mengganti peralatan

$P_{(0)}$: Pemasukan yang diperoleh ketika peralatan masih baru, $n = 0$.

$S_{(n)}$: Nilai Sisa peralatan pada umur ke n .

$B_{(0)}$: Biaya operasi dan perawatan peralatan baru

I : Harga peralatan baru

Sebagai contoh, biaya mengganti peralatan yang sudah berumur 2 tahun (cabang 12-21 pada Gambar 3.2.) adalah :

$$\begin{aligned} R &= P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I \\ R_{12-21} &= P_{(0)} + S_{(2)} - B_{(0)} - I \\ R_{12-21} &= 500 + 2.600 - 60 - 4.000 \\ R_{12-21} &= -960 \end{aligned}$$

Pada akhir umur hidup peralatan, rumus biaya mengganti peralatan ini berubah menjadi :

$$R = P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I \quad (3.4)$$

Penambahan suku $S_{(1)}$ pada ruas kanan ini terjadi karena peralatan baru dipakai 1 tahun dan akan berharga nilai sisa sesuai dengan pemakaian 1 tahun, atau $S_{(1)}$.

Sebagai contoh, biaya mengganti peralatan untuk cabang 34-41 adalah:

$$R = P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$$

$$R_{34-41} = P_{(0)} + S_{(4)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$$

$$R_{34-41} = 500 + 1.000 + 2.800 - 60 - 4.000$$

$$R_{34-41} = 240$$

Angka 2.800 pada ruas kanan adalah nilai sisa peralatan yang berumur 1 tahun dan tidak dipakai lagi (cabang 41-53 pada Gambar 3.2.). Biaya mengganti peralatan untuk cabang-cabang lain dituliskan pada Tabel 3.3. Pada tabel dituliskan juga cabang-cabang pilihan sesuai dengan Gambar 3.2.

Tabel 3.3 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan pada 3 (tiga) tahun pilihan

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
2	$375 - 85 = 290$	12-23	$500 + 2.600 - 60 - 4.000 = -960$	12-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$450 - 70 = 380$	21-32	$500 + 2.800 - 60 - 4.000 = -760$	21-31
3	$275 - 100 = 175$	23-34	$500 + 2.200 - 60 - 4.000 = -1.360$	23-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$450 - 70 + 2.600 = 2.980$	31-42	$500 + 2.800 + 2.800 - 60 - 4.000 = 2.040$	31-41
2	$375 - 85 + 2.200 = 2.490$	32-43	$500 + 2.600 + 2.800 - 60 - 4.000 = 1.840$	32-41
4	$150 - 110 + 1.000 = 1.040$	34-45	$500 + 1.800 + 2.800 - 60 - 4.000 = 1.040$	34-41

Sumber : Hasil perhitungan dari table 3.2, persamaan 3.1, 3.2, 3.3, dan 3.4

3.3.3. Pemodelan Matematis

Permodelan matematis *integer programming* untuk masalah penggantian peralatan diformulasikan sebagai berikut:

A. Variabel Keputusan

Dalam permodelan ini variabel keputusan adalah pemilihan cabang-cabang pilihan yang dinotasikan dengan X_{ijkl} , dimana “ij” adalah simpul awal dan “kl” adalah simpul akhir dari sebuah cabang (lihat Gambar 3.2.) Notasi “ij” menunjukkan pengambilan keputusan pada tahun pemakaian ke “i” ketika peralatan

berumur “j” tahun. Pengambilan keputusan bisa berupa memakai kembali peralatan atau mengganti peralatan. Apabila dipakai kembali maka peralatan pada tahun ke “k=i+1” akan berumur “l=j+1” tahun. Apabila peralatan diganti, maka pada tahun ke “k=i+1” peralatan akan berumur 1 tahun. Sebagai contoh, X_{1223} adalah variabel keputusan yang terkait dengan mengganti peralatan yang sudah berumur 2 tahun pada tahun pemakaian ke-1. Pada tahun pemakaian ke-2 ($k=2$) peralatan akan berumur 3 tahun ($j+1$). Variabel keputusan untuk masalah ini berharga 1 atau 0.

B. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan permodelan adalah mencari keuntungan maksimal dari langkah pemanfaatan dan penggantian peralatan. Setiap cabang pemilihan akan memiliki suatu besaran finansial tertentu yang bisa berharga positif atau negatif seperti yang dicontohkan pada Tabel 3.3. Besaran finansial dalam permodelan ini diberi notasi α_{ijkl} . Fungsi tujuan sekarang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Maksimalkan } Z = \sum_{i=1}^p \sum_{j \in J} \sum_{k=i+1} \sum_{l \in L} \alpha_{ijkl} X_{ijkl} \quad (3.5)$$

Dimana :

p : indeks yang terkait dengan tahun pemakaian peralatan.

C. Fungsi kendala

Kendala pemilihan awal langkah

Kendala awal dari masalah ini adalah penentuan bahwa harus ada satu langkah awal yang harus dipilih, apakah mengganti atau mempertahankan peralatan. Kendala ini akan menjamin bahwa pemilihan harus dilakukan walaupun mungkin dengan konsekuensi menghasikan fungsi tujuan berharga negatif. Kendala dituliskan dalam bentuk :

$$X_{1j2(j+1)} + X_{1j21} = 1, \quad j \in J \quad (3.6)$$

Kendala simpul

Kendala terkait dengan pilihan bahwa sebuah cabang (atau cabang-cabang) yang masuk ke sebuah simpul harus pada tahun sebelumnya harus diikuti dengan cabang yang keluar dari simpul tersebut. Sebagai contoh, pada simpul 31 pada Gambar 3.2 cabang yang masuk adalah 21-31 dan 23-31. Cabang-cabang yang masuk ini harus diikuti dengan cabang yang keluar, yaitu cabang 31-41 dan 31-42. Untuk simpul 31 ini kendala bisa dituliskan dengan:

$$X_{2131} + X_{2331} = X_{3141} + X_{3142} \quad (3.7)$$

Secara umum fungsi kendala dituliskan sebagai berikut:

Untuk langkah mengganti peralatan:

$$\sum_{j \in J} X_{ijk1} = \sum_{l=1}^2 X_{(i+1)1(k+1)l} \quad (3.8)$$

Dimana untuk :

$$i = 2, \dots, p$$

$$k = i + 1$$

Untuk langkah mempertahankan peralatan:

$$X_{ijk(j+1)} = \sum_{l \in L} X_{(i+1)(j+1)(k+1)l} \quad (3.9)$$

Dimana untuk :

$$i = 2, \dots, p$$

$$j \in J$$

$$k = i + 1$$

3.4 Pembuatan Program dan Analisis

Dalam menyelesaikan model optimasi diselesaikan dengan menggunakan software LINGO. Hasil akhir pemodelan adalah urutan keputusan yang menguntungkan perusahaan dari tahun ke tahun (hingga tahun ke-sepuluh).

3.5 Pengambilan Keputusan dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan kesimpulan dari semua tahap yang telah dilaksanakan. Selanjutnya hal-hal lain yang mungkin belum dibahas yang berkaitan dengan penelitian ini akan diajukan sebagai saran untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data penelitian

Berikut data-data yang akan digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini, yang pertama adalah peralatan *Caustic pump*. Peralatan *Caustic pump* sudah dipakai selama 4 (empat) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 800 (disajikan dalam jutaan rupiah). Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang. Data finansial yang terkait dengan peralatan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Caustic pump*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	500	802	-
1	500	405	500
2	490	242	496
3	490	250	491
4	480	257	486
5	480	265	481
6	470	273	476
7	460	282	471
8	450	290	466
9	440	1,099	461
10	440	308	456
11	430	317	451
12	400	327	446

*disajikan dalam jutaan rupiah

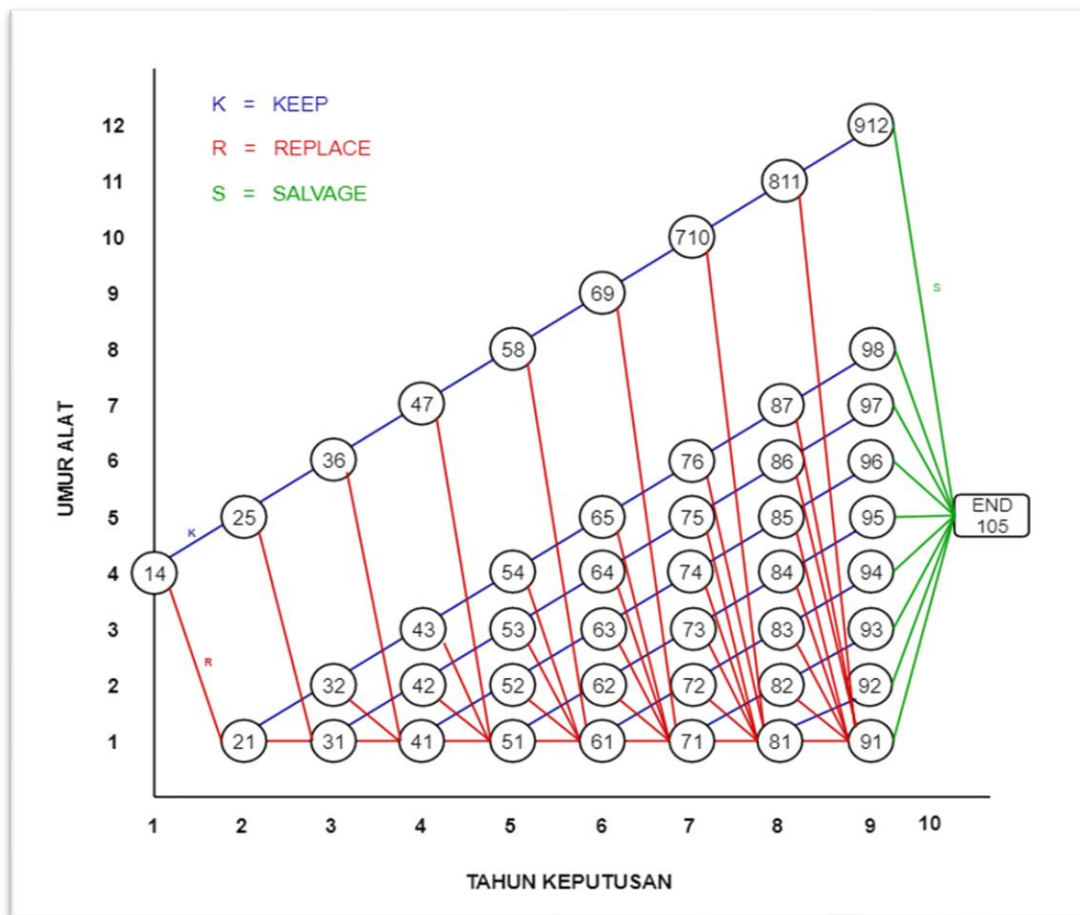
Dari Tabel 4.1 diatas dapat diketahui bahwa seiring dengan bertambahnya umur peralatan maka pemasukan yang diperoleh semakin menurun dari tahun ke tahun, sedangkan biaya operasi dan perawatan semakin meningkat. Untuk itu

diperlukan suatu *action plan* yang harus dilakukan agar mendapatkan keuntungan yang optimum.

Untuk data finansial yang terkait dengan peralatan lainnya dapat dilihat pada lampiran 1, halaman 41.

Penjelasan tentang mempertahankan atau mengganti peralatan *caustic pump* ini akan lebih mudah dilakukan dengan melihat pilihan keputusan yang bisa diambil pada setiap tahun perencanaan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Gambar penjelasan tentang mempertahankan atau mengganti peralatan lainnya dapat dilihat pada lampiran 2, halaman 50.



Gambar 4.1 Cabang-Cabang Penentuan Mempertahankan atau Mengganti Peralatan *Caustic pump*

Data terkait biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *caustic pump* ditampilkan pada Tabel. 4.2.

Tabel 4.2 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan pada 10 (sepuluh) tahun pilihan untuk *caustic pump*

MEMPERTAHANKAN		CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
4	$480 - 257 = 223$	14-25	$500 + 486 - 802 - 800 = -616$	14-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$500 - 405 = 95$	21-32	$500 + 500 - 802 - 800 = -602$	21-31
5	$480 - 265 = 215$	25-36	$500 + 481 - 802 - 800 = -621$	25-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$500 - 405 = 95$	31-42	$500 + 500 - 802 - 800 = -602$	31-41
2	$490 - 242 = 248$	32-43	$500 + 496 - 802 - 800 = -606$	32-41
6	$470 - 273 = 197$	36-47	$500 + 476 - 802 - 800 = -626$	36-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$500 - 405 = 95$	41-52	$500 + 500 - 802 - 800 = -602$	41-51
2	$490 - 242 = 248$	42-53	$500 + 496 - 802 - 800 = -606$	42-51
3	$490 - 250 = 241$	43-54	$500 + 491 - 802 - 800 = -611$	43-51
7	$460 - 282 = 179$	47-58	$500 + 471 - 802 - 800 = -631$	47-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$500 - 405 = 95$	51-62	$500 + 500 - 802 - 800 = -602$	51-61
2	$490 - 242 = 248$	52-63	$500 + 496 - 802 - 800 = -606$	52-61
3	$490 - 250 = 241$	53-64	$500 + 491 - 802 - 800 = -611$	53-61
4	$480 - 257 = 223$	54-65	$500 + 486 - 802 - 800 = -616$	54-61
8	$450 - 290 = 160$	58-69	$500 + 466 - 802 - 800 = -636$	58-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$500 - 405 = 95$	61-72	$500 + 500 - 802 - 800 = -602$	61-71
2	$490 - 242 = 248$	62-73	$500 + 496 - 802 - 800 = -606$	62-71
3	$490 - 250 = 241$	63-74	$500 + 491 - 802 - 800 = -611$	63-71
4	$480 - 257 = 223$	64-75	$500 + 486 - 802 - 800 = -616$	64-71
5	$480 - 265 = 215$	65-76	$500 + 481 - 802 - 800 = -621$	65-71
9	$440 - 1099 = -659$	69-710	$500 + 461 - 802 - 800 = -641$	69-71
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$500 - 405 = 95$	71-82	$500 + 500 - 802 - 800 = -602$	71-81

2	$490 - 242 = 248$	72-83	$500 + 496 - 802 - 800 = -606$	72-81
3	$490 - 250 = 241$	73-84	$500 + 491 - 802 - 800 = -611$	73-81
4	$480 - 257 = 223$	74-85	$500 + 486 - 802 - 800 = -616$	74-81
5	$480 - 265 = 215$	75-86	$500 + 481 - 802 - 800 = -621$	75-81
6	$470 - 273 = 197$	76-87	$500 + 476 - 802 - 800 = -626$	76-81
10	$440 - 308 = 132$	710-811	$500 + 456 - 802 - 800 = -646$	710-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$500 - 405 + 496 = 591$	81-92	$500+500+500-802-800 = -102$	81-91
2	$490 - 242 + 491 = 739$	82-93	$500+496+500-802-800 = -106$	82-91
3	$490 - 250 + 486 = 727$	83-94	$500+491+500-802-800 = -111$	83-91
4	$480 - 257 + 481 = 704$	84-95	$500+486+500-802-800 = -116$	84-91
5	$480 - 265 + 476 = 691$	85-96	$500+481+500-802-800 = -121$	85-91
6	$470 - 273 + 471 = 668$	86-97	$500+476+500-802-800 = -126$	86-91
7	$460 - 282 + 466 = 645$	87-98	$500+471+500-802-800 = -131$	87-91
11	$430 - 317 + 446 = 559$	811-912	$500+451+500-802-800 = -151$	811-91

Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan pada 10 (sepuluh) tahun pilihan untuk peralatan lainnya dapat dilihat pada lampiran 3, halaman 54.

4.2 Pemodelan matematis

A. Fungsi tujuan

Fungsi tujuan pemodelan adalah mencari keuntungan maksimal dari langkah pemanfaatan dan penggantian peralatan. Setiap cabang pemilihan akan memiliki suatu besaran finansial tertentu yang bisa berharga positif atau negatif.

Fungsi tujuan untuk peralatan *caustic pump* seperti telah dituliskan pada Tabel 4.2. dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MAX} = & 223 * X_{1425} + (-616) * X_{1421} + 95 * X_{2132} + (-602) * X_{2131} + 215 * X_{2536} + \\
 & (-621) * X_{2531} + 95 * X_{3142} + (-602) * X_{3141} + 248 * X_{3243} + (-606) * X_{3241} + \\
 & 197 * X_{3647} + (-626) * X_{3641} + 95 * X_{4152} + (-602) * X_{4151} + 248 * X_{4253} + \\
 & (-606) * X_{4251} + 241 * X_{4354} + (-611) * X_{4351} + 179 * X_{4758} + (-631) * X_{4751} + \\
 & 95 * X_{5162} + (-602) * X_{5161} + 248 * X_{5263} + (-606) * X_{5261} + 241 * X_{5364} + \\
 & (-611) * X_{5361} + 223 * X_{5465} + (-621) * X_{5461} + 160 * X_{5869} + (-636) * X_{5861} + \\
 & 95 * X_{6172} + (-602) * X_{6171} + 248 * X_{6273} + (-606) * X_{6271} + 241 * X_{6374} + \\
 & (-611) * X_{6371} + 223 * X_{6475} + (-616) * X_{6471} + 215 * X_{6576} + (-621) * X_{6571} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& (-659)*X_{69710} + (-641)*X_{6971} + 95*X_{7182} + (-602)*X_{7181} + 248*X_{7283} + \\
& (-606)*X_{7281} + 241*X_{7384} + (-611)*X_{7381} + 223*X_{7485} + (-616)*X_{7481} + \\
& 215*X_{7586} + (-621)*X_{7581} + 197*X_{7687} + (-626)*X_{7681} + 132*X_{710811} + \\
& (-646)*X_{71081} + 591*X_{8192} + (-102)*X_{8191} + 739*X_{8293} + (-106)*X_{8291} + \\
& 727*X_{8394} + (-111)*X_{8391} + 704*X_{8495} + (-116)*X_{8491} + 691*X_{8596} + \\
& (-121)*X_{8591} + 668*X_{8697} + (-126)*X_{8691} + 645*X_{8798} + (-131)*X_{8791} + \\
& 559*X_{811912} + (-151)*X_{81191};
\end{aligned}$$

B. Fungsi kendala

Kendala awal dari masalah ini adalah penentuan bahwa harus ada satu langkah awal yang harus dipilih, apakah mengganti atau mempertahankan peralatan. Kendala ini akan menjamin bahwa pemilihan harus dilakukan walaupun mungkin dengan konsekuensi menghasikan fungsi tujuan berharga negatif.

Kendala yang kedua adalah terkait dengan pilihan bahwa sebuah cabang (atau cabang-cabang) yang masuk ke sebuah simpul harus pada tahun sebelumnya harus diikuti dengan cabang yang keluar dari simpul tersebut.

Fungsi kendala yang ketiga adalah pembatas biner, apabila variable bernilai 1 maka keputusan tersebut akan diambil.

Fungsi kendala untuk peralatan *Caustic pump* dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
& X_{1425} + X_{1421} = 1; \\
& X_{1425} = X_{2536} + X_{2531}; \\
& X_{1421} = X_{2132} + X_{2131}; \\
& X_{2536} = X_{3647} + X_{3641}; \\
& X_{2132} = X_{3243} + X_{3241}; \\
& X_{2131} + X_{2531} = X_{3142} + X_{3141}; \\
& X_{3647} = X_{4758} + X_{4751}; \\
& X_{3243} = X_{4354} + X_{4351}; \\
& X_{3142} = X_{4253} + X_{4251}; \\
& X_{3141} + X_{3241} + X_{3641} = X_{4152} + X_{4151}; \\
& X_{4758} = X_{5869} + X_{5861}; \\
& X_{4354} = X_{5465} + X_{5461};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{4253} = X_{5364} + X_{5361}; \\
& X_{4152} = X_{5263} + X_{5261}; \\
& X_{4151} + X_{4251} + X_{4351} + X_{4751} = X_{5162} + X_{5161}; \\
& X_{5869} = X_{69710} + X_{6971}; \\
& X_{5465} = X_{6576} + X_{6571}; \\
& X_{5364} = X_{6475} + X_{6471}; \\
& X_{5263} = X_{6374} + X_{6371}; \\
& X_{5162} = X_{6273} + X_{6271}; \\
& X_{5161} + X_{5261} + X_{5361} + X_{5461} + X_{5861} = X_{6172} + X_{6171}; \\
& X_{69710} = X_{710811} + X_{71081}; \\
& X_{6576} = X_{7687} + X_{7681}; \\
& X_{6475} = X_{7586} + X_{7581}; \\
& X_{6374} = X_{7485} + X_{7481}; \\
& X_{6273} = X_{7384} + X_{7381}; \\
& X_{6172} = X_{7283} + X_{7281}; \\
& X_{6171} + X_{6271} + X_{6371} + X_{6471} + X_{6571} + X_{6971} = X_{7182} + X_{7181}; \\
& X_{710811} = X_{811912} + X_{81191}; \\
& X_{7687} = X_{8798} + X_{8791}; \\
& X_{7586} = X_{8697} + X_{8691}; \\
& X_{7485} = X_{8596} + X_{8591}; \\
& X_{7384} = X_{8495} + X_{8491}; \\
& X_{7283} = X_{8394} + X_{8391}; \\
& X_{7182} = X_{8293} + X_{8291}; \\
& X_{7181} + X_{7281} + X_{7381} + X_{7481} + X_{7581} + X_{7681} + X_{71081} = X_{8192} + X_{8191}; \\
& X_{8191} + X_{8291} + X_{8391} + X_{8491} + X_{8591} + X_{8691} + X_{8791} + X_{81191} = X_{91105}; \\
& X_{8192} = X_{92105}; \\
& X_{8293} = X_{93105}; \\
& X_{8394} = X_{94105}; \\
& X_{8495} = X_{95105}; \\
& X_{8596} = X_{96105}; \\
& X_{8697} = X_{97105}; \\
& X_{8798} = X_{98105};
\end{aligned}$$

$$X_{811912}=X_{912105};$$

$$X_{912105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner untuk peralatan *Caustic pump* dituliskan sebagai berikut:

@BIN (X1425) ;@BIN (X1421) ;@BIN (X2132) ;@BIN (X2131) ;
 @BIN (X2536) ;@BIN (X2531) ;@BIN (X3142) ;@BIN (X3141) ;
 @BIN (X3243) ;@BIN (X3241) ;@BIN (X3647) ;@BIN (X3641) ;
 @BIN (X4152) ;@BIN (X4151) ;@BIN (X4253) ;@BIN (X4251) ;
 @BIN (X4354) ;@BIN (X4351) ;@BIN (X4758) ;@BIN (X4751) ;
 @BIN (X5161) ;@BIN (X5162) ;@BIN (X5263) ;@BIN (X5261) ;
 @BIN (X5364) ;@BIN (X5361) ;@BIN (X5465) ;@BIN (X5461) ;
 @BIN (X5869) ;@BIN (X5861) ;@BIN (X6171) ;@BIN (X6172) ;
 @BIN (X6273) ;@BIN (X6271) ;@BIN (X6374) ;@BIN (X6371) ;
 @BIN (X6475) ;@BIN (X6471) ;@BIN (X6576) ;@BIN (X6571) ;
 @BIN (X69710) ;@BIN (X6971) ;@BIN (X7181) ;@BIN (X7182) ;
 @BIN (X7283) ;@BIN (X7281) ;@BIN (X7384) ;@BIN (X7381) ;
 @BIN (X7485) ;@BIN (X7481) ;@BIN (X7586) ;@BIN (X7581) ;
 @BIN (X7687) ;@BIN (X7681) ;@BIN (X710811) ;@BIN (X71081) ;
 @BIN (X8192) ;@BIN (X8191) ;@BIN (X8293) ;@BIN (X8291) ;
 @BIN (X8394) ;@BIN (X8391) ;@BIN (X8495) ;@BIN (X8491) ;
 @BIN (X8596) ;@BIN (X8591) ;@BIN (X8697) ;@BIN (X8691) ;
 @BIN (X8798) ;@BIN (X8791) ;@BIN (X811912) ;@BIN (X81191) ;
 @BIN (X91105) ;@BIN (X92105) ;@BIN (X93105) ;@BIN (X94105) ;
 @BIN (X95105) ;@BIN (X96105) ;@BIN (X97105) ;@BIN (X98105) ;@BIN (X912105) ;

Pemodelan matematis untuk peralatan lainnya dapat dilihat pada lampiran 4, halaman 72.

4.3 Hasil dan pembahasan

Data-data dari hasil perhitungan menggunakan pemodelan matematis dimana penyelesaiannya menggunakan sebuah software LINGO, maka diperoleh hasil untuk peralatan-peralatan desalination plant.

4.3.1 Model penggantian peralatan *caustic pump*

Peralatan *caustic pump* tersebut sudah dipakai selama 4 (empat) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 800 (disajikan dalam jutaan rupiah). Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai

akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Data yang terkait dengan peralatan ditunjukkan pada Tabel 4.1. Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 500 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 802 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 4 tahun ($n=4$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 480 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 257 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 4 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 486 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada Tabel 4.1. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada Tabel 4.2. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Dengan menggunakan data pada Tabel 4.2 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.3 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 4 (empat) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, sehingga umur peralatan pada tahun kedua akan berumur 5 (lima) tahun. Selanjutnya di tahun kedua pengambilan keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali sehingga di akhir tahun kedua keputusan peralatan berumur 6 (enam) tahun. Pada akhir tahun ketiga untuk peralatan yang berumur 3 (tiga) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus segera diganti. Ini menyiratkan bahwa umur peralatan dimulai tahun keempat akan berumur 1 (satu) tahun. Di awal tahun keempat menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali sehingga di akhir tahun keempat peralatan berumur 2 (dua) tahun. Kemudian awal tahun kelima untuk peralatan yang berumur 2 (dua) tahun harus digunakan kembali sampai tahun kesembilan sehingga di akhir tahun kesembilan keputusan peralatan berumur 6 (enam) tahun.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, dan mengganti dengan keuntungan sebesar 1.310 rupiah.

Tabel 4.3 Hasil analisa untuk *caustic pump*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1425	1.000000
2	X2536	1.000000
3	X3641	1.000000
4	X4152	1.000000
5	X5263	1.000000
6	X6374	1.000000
7	X7485	1.000000
8	X8596	1.000000
9	X96105	1.000000

Model penggantian peralatan untuk peralatan lainnya dapat dilihat pada lampiran 5, halaman 99.

Hasil penelitian diperoleh langkah penggantian optimal untuk berbagai peralatan Desalination Plant seperti ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Langkah penggantian optimal untuk berbagai peralatan desalination plant

NO.	NAMA ALAT	TAHUN KEPUTUSAN								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Blowdown pump	K	K	R	K	K	R	K	K	R
2	Ejector	K	K	K	K	K	K	K	K	R
3	Antiscale pump	K	K	K	R	K	K	K	K	R
4	Condensate pump	K	K	K	K	K	K	K	K	R
5	Demin water pump	K	K	K	R	K	K	K	K	R
6	Mixed bed air blower	K	K	K	K	K	K	K	K	R
7	Antifoam inject pump	R	R	R	R	R	R	R	R	R
8	Brine heater	K	R	R	R	R	R	R	R	R
9	Caustic pump	K	K	R	K	K	K	K	K	R
10	Distilate pump	K	K	K	K	K	k	K	K	R

*K = Keep

R = Replace

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan penggantian pada peralatan desalination plant dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model simulasi kebijakan penggantian peralatan dengan menggunakan binary integer programming mampu membuat model pengambilan keputusan dengan mencari cara terbaik dalam merancang kapan melakukan penggantian paling optimal untuk menghasilkan keuntungan maksimum.
2. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan blowdown pump mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan dan mengganti dengan keuntungan sebesar 13.247 (disajikan dalam jutaan rupiah).
3. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan ejector mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 896 rupiah.
4. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan antiscaling pump mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, dan mempertahankan dengan keuntungan sebesar 2.174 rupiah.
5. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan condensate pump mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 6.065 rupiah.
6. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan demin water pump mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, dan mengganti dengan keuntungan sebesar 137 rupiah.

7. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan mixed bed air blower mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 772 rupiah.
8. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan antifoam pump mulai dari tahun pertama adalah mengganti dengan keuntungan sebesar 5.688 rupiah.
9. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan brine heater mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan dan mengganti hingga tahun kesembilan dengan keuntungan sebesar 24.276 rupiah.
10. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan caustic pump mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, dan mengganti dengan keuntungan sebesar 1.310 rupiah.
11. Kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan pada peralatan distilate pump mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 6.082 rupiah.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan beberapa hal berikut:

- a. Hasil penelitian dapat digunakan oleh perusahaan untuk mengoptimalkan biaya pemeliharaan dan penggantian alat melalui simulasi kebijakan penggantian tanpa harus melakukan coba-coba (*trial and error*) untuk setiap kebijakan.
- a. Perlu ditambahkan fungsi kendala lain yaitu dengan memperhitungkan usia yang direkomendasikan oleh pabrikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sieglinde K. Fuller. (1995). *Life-Cycle Costing Manual For The Federal Energy Management Program*. Gaithersburg, MD 20899: NIST Handbook 135.
- [2]. Taha, H. A. (2007). *Operations Research: An Introduction* (8th ed.). United States Of America: Pearson Education, Inc., New Jersey, USA.
- [3]. Zvipore, D. C. “Application of the Equipment Replacement Dynamic Programming Model in Conveyor Belt Replacement: Case Study of a Gold Mining Company, 611”. (MC SER Publishing, Rome-Italy), pp. 605-612.
- [4]. Zakaria, A. Z, “Job Scheduling Optimization in Production Machine Using Integer Programming Method”. (International Journal of Innovative Science and Research Technology, India, 2017), pp. 475-479
- [5]. Sutanto, “Optimalisasi Interval Waktu Penggantian Komponen Mesin Packer Tepung Terigu Kemasan 25 kg Di PT. "X",”. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXIV, pp. A-15-1 – A-15-7.
- [6]. Murdani, Erwin, Efri Yendri, Haulian Siregar, Pepi Aliyani, dan Mawardi. (2014). *Pengoperasian PLTU* (1st ed.). Suralaya: PLN Corporate University.
- [7]. Winston, W. L. (2004). *Operations Research : Applications and Algorithms* (4th ed.). Canada: Thomson Learning, Inc
- [8]. Mokhtar S. Bazaraa, John J. Jarvis dan Hanif D. Sherali. (2010). *Linear Programming and Network Flow* (4th ed.). New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1

1. *Data peralatan Ejector*

Peralatan *Ejector* sudah dipakai selama 1 (satu) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 1.500 (disajikan dalam jutaan rupiah). Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang. Berikut data finansial pada peralatan *ejector*.

Tabel L1.1 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Ejector*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	267	580	-
1	264	249	1470
2	261	255	1437
3	258	264	1400
4	255	270	1359
5	252	279	1314
6	246	288	1265
7	243	297	1211
8	240	306	1151
9	234	315	1085

*disajikan dalam jutaan rupiah

2. Data peralatan *Antiscale pump*

Peralatan *antiscale pump* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 1.500 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *antiscale pump*.

Tabel L1.2 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Antiscale pump*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	534	413	-
1	528	235	1,000
2	496	464	975
3	516	150	948
4	510	145	908
5	504	464	867
6	495	464	824
7	502	145	779
8	480	150	730
9	471	154	378
10	462	159	323

3. Data peralatan *Condensate pump*

Peralatan *condensate pump* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 3.000 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *condensate pump*.

Tabel L1.3 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Condensate pump*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	1068	619	-
1	1056	352	2,000
2	991	696	1,975
3	1032	225	1,948
4	1020	218	1,908
5	1008	696	1,867
6	990	696	1,824
7	1004	218	1,779
8	960	225	1,730
9	942	231	1,378
10	924	238	1,323

4. *Demin water pump*

Peralatan *demin water pump* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 800 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *demin water pump*.

Tabel L1.4 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Demin water pump*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	180	261	-
1	180	168	600
2	180	164	575
3	176	168	548
4	176	164	508
5	172	160	467
6	168	360	424
7	168	160	379
8	164	168	330
9	160	176	278
10	156	380	223

5. Data peralatan *Mixed bed air blower*

Peralatan *mixed bed air blower* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 860 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *demin water pump*.

Tabel L1.5 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Mixed bed air blower*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	240	444	-
1	240	141	625
2	240	144	600
3	236	150	573
4	236	153	533
5	232	159	492
6	228	162	449
7	228	168	404
8	224	174	355
9	220	210	303
10	216	183	248

6. Data peralatan *Antifoam pump*

Peralatan *antifoam pump* sudah dipakai selama 3 (tiga) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 1500 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *antifoam pump*.

Tabel L1.6 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Antifoam pump*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	605	145	-
1	599	150	1,447
2	593	224	1,390
3	586	159	1,328
4	579	163	1,260
5	571	168	1,186
6	563	248	1,105
7	554	179	1,016
8	544	184	919
9	534	190	813
10	524	195	697
11	512	201	570

7. Data peralatan *Brine heater*

Peralatan *brine heater* sudah dipakai selama 3 (tiga) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 10.000 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *brine heater*.

Tabel L1.7 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Brine heater*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	1,210	581	-
1	1,198	598	9,947
2	947	896	9,890
3	1,345	634	9,828
4	1,158	653	9,760
5	1,142	673	9,686
6	1,126	993	9,605
7	883	714	9,516
8	1,088	736	9,419
9	1,299	758	9,313
10	1,048	780	9,197
11	1,024	804	9,070

8. Data peralatan *Blowdown pump*

Peralatan *blowdown pump* sudah dipakai selama 1 (satu) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 7.500 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *blowdown pump*.

Tabel L1.8 Data Finansial Penggunaan Peralatan *blowdown pump*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	1335	995	
1	1323	415	7470
2	1308	427	7437
3	1293	440	7400
4	628	453	7359
5	1260	467	7314
6	502	481	7265
7	1224	995	7211
8	493	510	7151
9	1179	525	7085

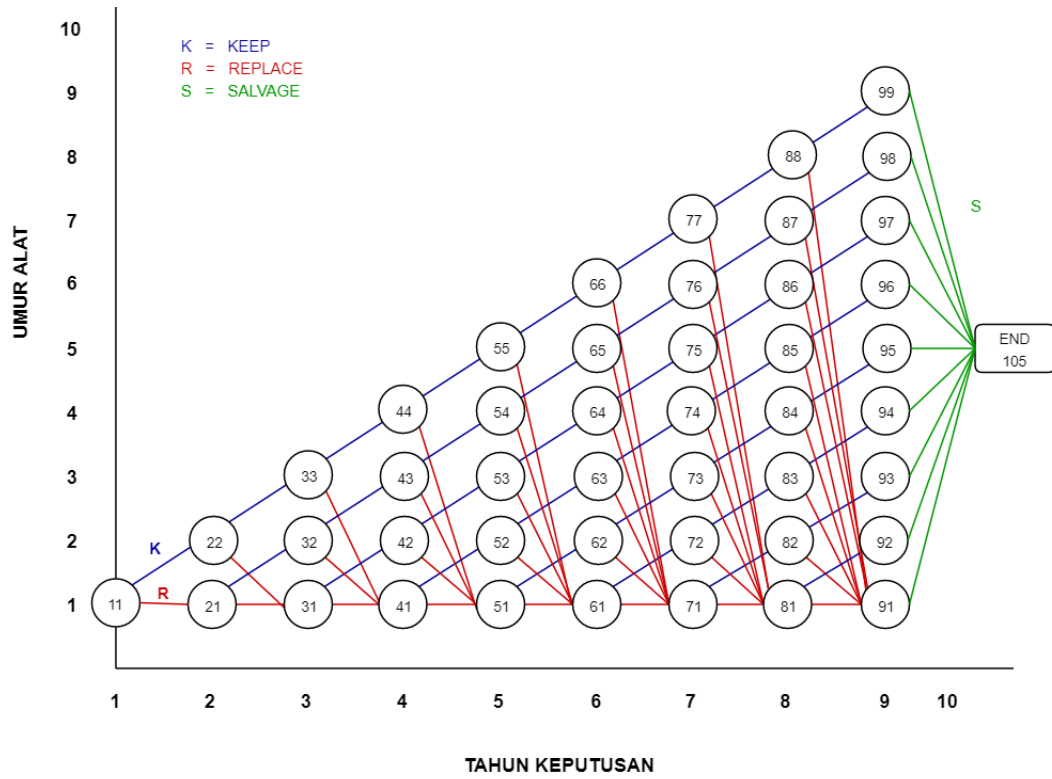
9. Data peralatan *Distilate pump*

Peralatan *distilate pump* sudah dipakai selama 5 (lima) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru diperkirakan 3000 rupiah. Berikut data finansial pada peralatan *distilate pump*.

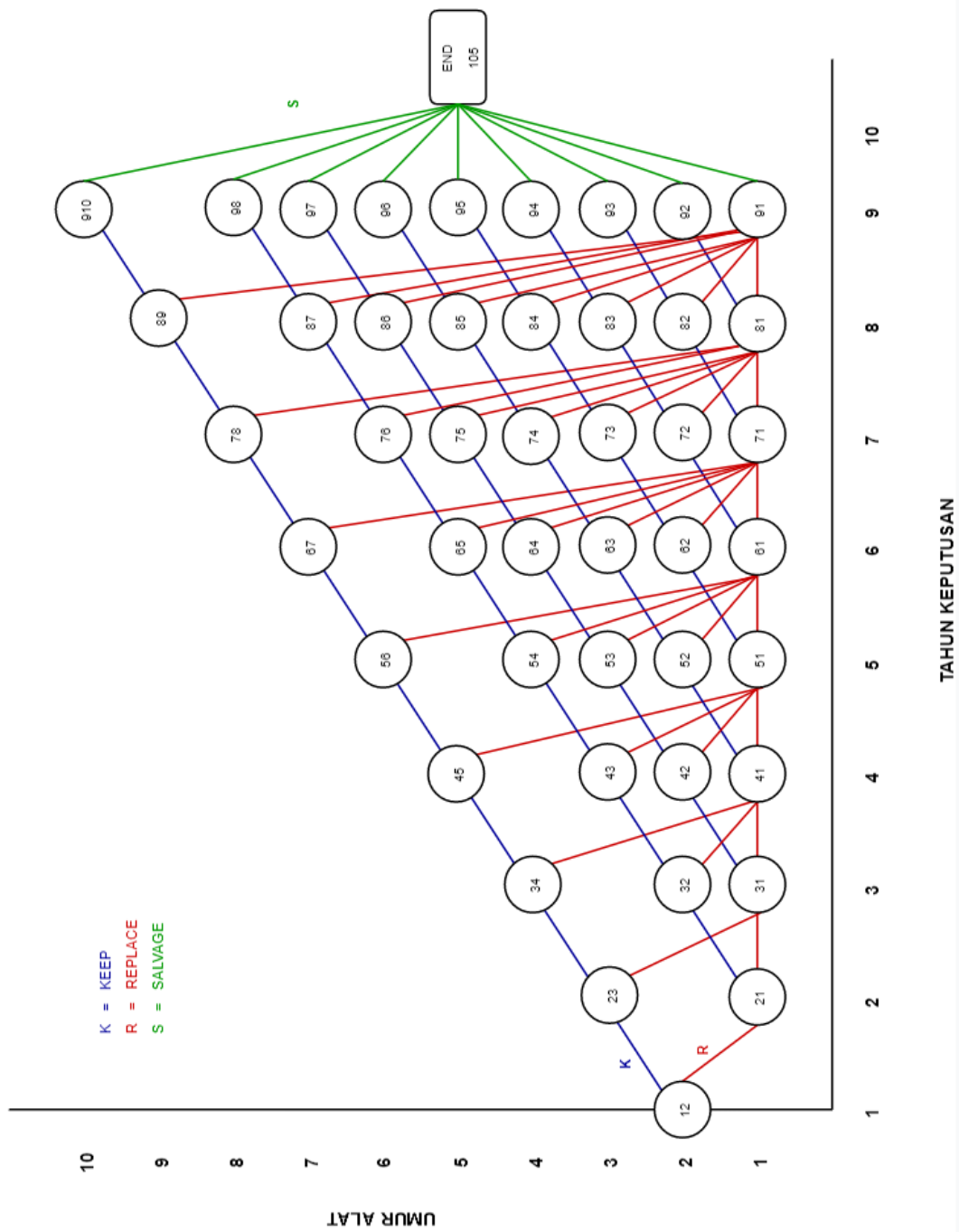
Tabel L1.9 Data Finansial Penggunaan Peralatan *Distilate pump*

UMUR ALAT	PEMASUKAN* (Rp)	BIAYA OPERASI DAN PERAWATAN* (Rp)	NILAI SISA* (Rp)
(n)	(P)	(B)	(S)
0	1,074	225	-
1	1,062	231	1,500
2	1,050	238	1,489
3	1,038	246	1,476
4	1,026	253	1,460
5	1,008	461	1,441
6	996	268	1,420
7	978	277	1,397
8	966	285	1,370
9	948	293	1,340
10	924	502	1,307
11	906	311	1,270
12	888	321	1,230
13	864	330	1,186

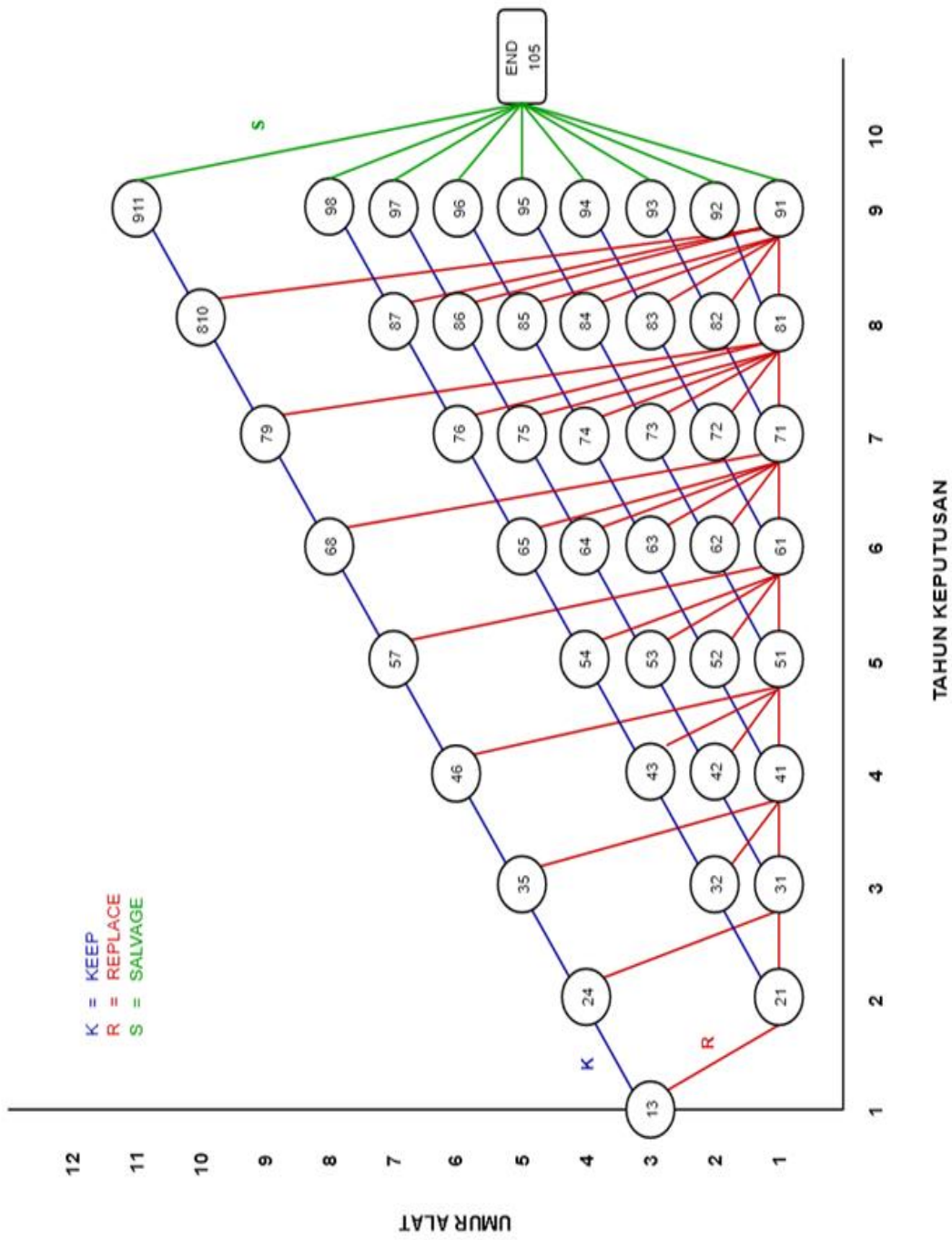
LAMPIRAN 2



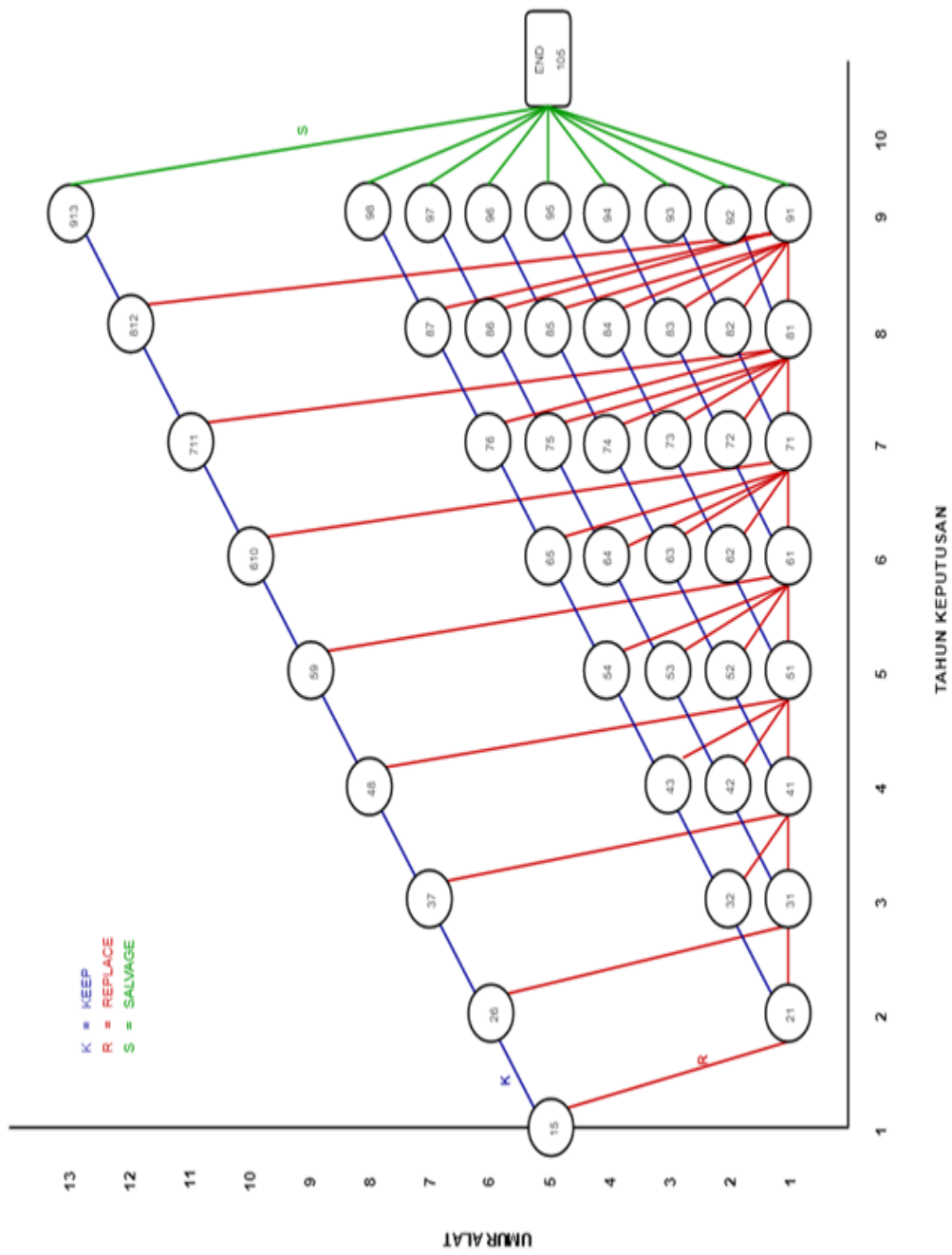
Gambar L2.1 Cabang-cabang penentuan mempertahankan atau mengganti peralatan untuk usia peralatan 1 (satu) tahun



Gambar L.2.2 Cabang-cabang penentuan mempertahankan atau mengganti peralatan untuk usia peralatan 2 (dua)



Gambar L2.3 Cabang-cabang penentuan mempertahankan atau mengganti peralatan untuk usia peralatan 3 (tiga)



Gambar L2.4 Cabang-cabang penentuan mempertahankan atau mengganti peralatan untuk usia peralatan 5 (lima)

LAMPIRAN 3

1. Peralatan *Ejector*

Tabel L3.1 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Ejector*

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 = 15$	11-22	$267 + 1470 - 580 - 1500 = -343$	11-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 = 15$	21-32	$267 + 1470 - 580 - 1500 = -343$	21-31
2	$261 - 255 = 6$	22-33	$267 + 1437 - 580 - 1500 = -376$	22-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 = 15$	31-42	$267 + 1470 - 580 - 1500 = -343$	31-41
2	$261 - 255 = 6$	32-43	$267 + 1437 - 580 - 1500 = -376$	32-41
3	$258 - 264 = -6$	33-44	$267 + 1400 - 580 - 1500 = -413$	33-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 = 15$	41-52	$267 + 1470 - 580 - 1500 = -343$	41-51
2	$261 - 255 = 6$	42-53	$267 + 1437 - 580 - 1500 = -376$	42-51
3	$258 - 264 = -6$	43-54	$267 + 1400 - 580 - 1500 = -413$	43-51
4	$255 - 270 = -15$	44-55	$267 + 1359 - 580 - 1500 = -454$	44-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 = 15$	51-62	$267 + 1470 - 580 - 1500 = -343$	51-61
2	$261 - 255 = 6$	52-63	$267 + 1437 - 580 - 1500 = -376$	52-61
3	$258 - 264 = -6$	53-64	$267 + 1400 - 580 - 1500 = -413$	53-61
4	$255 - 270 = -15$	54-65	$267 + 1359 - 580 - 1500 = -454$	54-61
5	$252 - 279 = -27$	55-66	$267 + 1314 - 580 - 1500 = -499$	55-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 = 15$	61-72	$267 + 1470 - 580 - 1500 = -343$	61-71
2	$261 - 255 = 6$	62-73	$267 + 1437 - 580 - 1500 = -376$	62-71
3	$258 - 264 = -6$	63-74	$267 + 1400 - 580 - 1500 = -413$	63-71
4	$255 - 270 = -15$	64-75	$267 + 1359 - 580 - 1500 = -454$	64-71
5	$252 - 279 = -27$	65-76	$267 + 1314 - 580 - 1500 = -499$	65-71
6	$246 - 288 = -42$	66-77	$267 + 1265 - 580 - 1500 = -548$	66-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 = 15$	71-82	$267 + 1470 - 580 - 1500 = -343$	71-81
2	$261 - 255 = 6$	72-83	$267 + 1437 - 580 - 1500 = -376$	72-81
3	$258 - 264 = -6$	73-84	$267 + 1400 - 580 - 1500 = -413$	73-81
4	$255 - 270 = -15$	74-85	$267 + 1359 - 580 - 1500 = -454$	74-81
5	$252 - 279 = -27$	75-86	$267 + 1314 - 580 - 1500 = -499$	75-81
6	$246 - 288 = -42$	76-87	$267 + 1265 - 580 - 1500 = -548$	76-81
7	$243 - 297 = -54$	77-88	$267 + 1211 - 580 - 1500 = -602$	77-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$264 - 249 + 1437 = 1452$	81-92	$267+1470+1470-580-1500=1127$	81-91
2	$261 - 255 + 1400 = 1406$	82-93	$267+1437+1470-580-1500=1094$	82-91
3	$258 - 264 + 1359 = 1353$	83-94	$267+1400+1470-580-1500=1057$	83-91
4	$255 - 270 + 1314 = 1299$	84-95	$267+1359+1470-580-1500=1016$	84-91
5	$252 - 279 + 1265 = 1238$	85-96	$267+1314+1470-580-1500= 971$	85-91
6	$246 - 288 + 1211 = 1169$	86-97	$267+1265+1470-580-1500= 922$	86-91
7	$243 - 297 + 1151 = 1097$	87-98	$267+1211+1470-580-1500= 868$	87-91
8	$240 - 306 + 1085 = 1019$	88-99	$267+1151+1470-580-1500= 808$	88-91

2. Peralatan *Antiscale pump*

Tabel L3.2 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Antiscale pump*

	MEMPERTAHAKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
2	$496 - 464 = 32$	12-23	$534 - 975 - 413 - 1500 = -404$	12-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$528 - 235 = 293$	21-32	$534 - 1000 - 413 - 1500 = -379$	21-31
3	$516 - 150 = 366$	23-34	$534 - 948 - 413 - 1500 = -431$	23-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$528 - 235 = 293$	31-42	$534 - 1000 - 413 - 1500 = -379$	31-41
2	$496 - 464 = 32$	32-43	$534 - 975 - 413 - 1500 = -404$	32-41
4	$510 - 145 = 365$	34-45	$534 - 908 - 413 - 1500 = -471$	34-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$528 - 235 = 293$	41-52	$534 - 1000 - 413 - 1500 = -379$	41-51
2	$496 - 464 = 32$	42-53	$534 - 975 - 413 - 1500 = -404$	42-51
3	$516 - 150 = 366$	43-54	$534 - 948 - 413 - 1500 = -431$	43-51
5	$504 - 464 = 40$	45-56	$534 - 867 - 413 - 1500 = -512$	45-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$528 - 235 = 293$	51-62	$534 - 1000 - 413 - 1500 = -379$	51-61
2	$496 - 464 = 32$	52-63	$534 - 975 - 413 - 1500 = -404$	52-61
3	$516 - 150 = 366$	53-64	$534 - 948 - 413 - 1500 = -431$	53-61
4	$510 - 145 = 365$	54-65	$534 - 908 - 413 - 1500 = -471$	54-61
6	$495 - 464 = 31$	56-67	$534 - 824 - 413 - 1500 = -555$	56-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$528 - 235 = 293$	61-72	$534 - 1000 - 413 - 1500 = -379$	61-71
2	$496 - 464 = 32$	62-73	$534 - 975 - 413 - 1500 = -404$	62-71
3	$516 - 150 = 366$	63-74	$534 - 948 - 413 - 1500 = -431$	63-71
4	$510 - 145 = 365$	64-75	$534 - 908 - 413 - 1500 = -471$	64-71
5	$504 - 464 = 40$	65-76	$534 - 867 - 413 - 1500 = -512$	65-71
7	$502 - 145 = 357$	67-78	$534 - 779 - 413 - 1500 = -600$	67-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$\mathbf{P_{(n)} - B_{(n)}}$		$\mathbf{P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I}$	
1	$528 - 235 = 293$	71-82	$534 - 1000 - 413 - 1500 = -379$	71-81
2	$496 - 464 = 32$	72-83	$534 - 975 - 413 - 1500 = -404$	72-81
3	$516 - 150 = 366$	73-84	$534 - 948 - 413 - 1500 = -431$	73-81
4	$510 - 145 = 365$	74-85	$534 - 908 - 413 - 1500 = -471$	74-81
5	$504 - 464 = 40$	75-86	$534 - 867 - 413 - 1500 = -512$	75-81
6	$495 - 464 = 31$	76-87	$534 - 824 - 413 - 1500 = -555$	76-81
8	$480 - 150 = 330$	78-89	$534 - 730 - 413 - 1500 = -649$	78-81
Tahun 8				
n	$\mathbf{P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}}$		$\mathbf{P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I}$	
1	$528 - 235 + 975 = 1268$	81-92	$534 - 1000 + 1000 - 413 - 1500 = 621$	81-91
2	$496 - 464 + 948 = 980$	82-93	$534 - 975 + 1000 - 413 - 1500 = 596$	82-91
3	$516 - 150 + 908 = 1274$	83-94	$534 - 948 + 1000 - 413 - 1500 = 569$	83-91
4	$510 - 145 + 867 = 1232$	84-95	$534 - 908 + 1000 - 413 - 1500 = 529$	84-91
5	$504 - 464 + 824 = 864$	85-96	$534 - 867 + 1000 - 413 - 1500 = 488$	85-91
6	$495 - 464 + 779 = 810$	86-97	$534 - 824 + 1000 - 413 - 1500 = 455$	86-91
7	$502 - 145 + 730 = 1087$	87-98	$534 - 779 + 1000 - 413 - 1500 = 400$	87-91
9	$471 - 154 + 323 = 640$	89-910	$534 - 378 + 1000 - 413 - 1500 = -1$	89-91

3. Peralatan *Condensate pump*

Tabel L3.3 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Condensate pump*

	MEMPERTAHAKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
2	$991 - 696 = 295$	12-23	$1068 + 1975 - 619 - 3000 = - 576$	12-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1056 - 352 = 704$	21-32	$1068 + 2000 - 619 - 3000 = - 551$	21-31
3	$1032 - 225 = 807$	23-34	$1068 + 1948 - 619 - 3000 = - 603$	23-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1056 - 352 = 704$	31-42	$1068 + 2000 - 619 - 3000 = - 551$	31-41
2	$991 - 696 = 295$	32-43	$1068 + 1975 - 619 - 3000 = - 576$	32-41
4	$1020 - 218 = 802$	34-45	$1068 + 1908 - 619 - 3000 = - 643$	34-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1056 - 352 = 704$	41-52	$1068 + 2000 - 619 - 3000 = - 551$	41-51
2	$991 - 696 = 295$	42-53	$1068 + 1975 - 619 - 3000 = - 576$	42-51
3	$1032 - 225 = 807$	43-54	$1068 + 1948 - 619 - 3000 = - 603$	43-51
5	$1008 - 696 = 312$	45-56	$1068 + 1867 - 619 - 3000 = - 684$	45-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1056 - 352 = 704$	51-62	$1068 + 2000 - 619 - 3000 = - 551$	51-61
2	$991 - 696 = 295$	52-63	$1068 + 1975 - 619 - 3000 = - 576$	52-61
3	$1032 - 225 = 807$	53-64	$1068 + 1948 - 619 - 3000 = - 603$	53-61
4	$1020 - 218 = 802$	54-65	$1068 + 1908 - 619 - 3000 = - 643$	54-61
6	$990 - 696 = 294$	56-67	$1068 + 1824 - 619 - 3000 = - 727$	56-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1056 - 352 = 704$	61-72	$1068 + 2000 - 619 - 3000 = - 551$	61-71
2	$991 - 696 = 295$	62-73	$1068 + 1975 - 619 - 3000 = - 576$	62-71
3	$1032 - 225 = 807$	63-74	$1068 + 1948 - 619 - 3000 = - 603$	63-71
4	$1020 - 218 = 802$	64-75	$1068 + 1908 - 619 - 3000 = - 643$	64-71
5	$1008 - 696 = 312$	65-76	$1068 + 1867 - 619 - 3000 = - 684$	65-71
7	$1004 - 218 = 786$	67-78	$1068 + 1779 - 619 - 3000 = - 772$	67-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1056 - 352 = 704$	71-82	$1068 + 2000 - 619 - 3000 = - 551$	71-81
2	$991 - 696 = 295$	72-83	$1068 + 1975 - 619 - 3000 = - 576$	72-81
3	$1032 - 225 = 807$	73-84	$1068 + 1948 - 619 - 3000 = - 603$	73-81
4	$1020 - 218 = 802$	74-85	$1068 + 1908 - 619 - 3000 = - 643$	74-81
5	$1008 - 696 = 312$	75-86	$1068 + 1867 - 619 - 3000 = - 684$	75-81
6	$990 - 696 = 294$	76-87	$1068 + 1824 - 619 - 3000 = - 727$	76-81
8	$960 - 225 = 735$	78-89	$1068 + 1730 - 619 - 3000 = - 821$	78-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$1056 - 352 + 1975 = 2679$	81-92	$1068 + 2000 + 2000 - 619 - 3000 = 1449$	81-91
2	$991 - 696 + 1948 = 2243$	82-93	$1068 + 1975 + 2000 - 619 - 3000 = 1424$	82-91
3	$1032 - 225 + 1908 = 2715$	83-94	$1068 + 1948 + 2000 - 619 - 3000 = 1397$	83-91
4	$1020 - 218 + 1867 = 2669$	84-95	$1068 + 1908 + 2000 - 619 - 3000 = 1357$	84-91
5	$1008 - 696 + 1824 = 2136$	85-96	$1068 + 1867 + 2000 - 619 - 3000 = 1316$	85-91
6	$990 - 696 + 1779 = 2073$	86-97	$1068 + 1824 + 2000 - 619 - 3000 = 1273$	86-91
7	$1004 - 218 + 1730 = 2516$	87-98	$1068 + 1779 + 2000 - 619 - 3000 = 1228$	87-91
9	$942 - 231 + 1323 = 2034$	89-910	$1068 + 1378 + 2000 - 619 - 3000 = 827$	89-91

4. Peralatan *Demin water pump*

Tabel L3.4 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Demin water pump*

	MEMPERTAHAKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
2	$180 - 164 = 16$	12-23	$180 + 575 - 261 - 800 = -306$	12-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$180 - 168 = 12$	21-32	$180 + 600 - 261 - 800 = -281$	21-31
3	$176 - 168 = 8$	23-34	$180 + 548 - 261 - 800 = -333$	23-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$180 - 168 = 12$	31-42	$180 + 600 - 261 - 800 = -281$	31-41
2	$180 - 164 = 16$	32-43	$180 + 575 - 261 - 800 = -306$	32-41
4	$176 - 164 = 12$	34-45	$180 + 508 - 261 - 800 = -373$	34-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$180 - 168 = 12$	41-52	$180 + 600 - 261 - 800 = -281$	41-51
2	$180 - 164 = 16$	42-53	$180 + 575 - 261 - 800 = -306$	42-51
3	$176 - 168 = 8$	43-54	$180 + 548 - 261 - 800 = -333$	43-51
5	$172 - 160 = 12$	45-56	$180 + 467 - 261 - 800 = -414$	45-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$180 - 168 = 12$	51-62	$180 + 600 - 261 - 800 = -281$	51-61
2	$180 - 164 = 16$	52-63	$180 + 575 - 261 - 800 = -306$	52-61
3	$176 - 168 = 8$	53-64	$180 + 548 - 261 - 800 = -333$	53-61
4	$176 - 164 = 12$	54-65	$180 + 508 - 261 - 800 = -373$	54-61
6	$168 - 360 = -192$	56-67	$180 + 424 - 261 - 800 = -457$	56-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$180 - 168 = 12$	61-72	$180 + 600 - 261 - 800 = -281$	61-71
2	$180 - 164 = 16$	62-73	$180 + 575 - 261 - 800 = -306$	62-71
3	$176 - 168 = 8$	63-74	$180 + 548 - 261 - 800 = -333$	63-71
4	$176 - 164 = 12$	64-75	$180 + 508 - 261 - 800 = -373$	64-71
5	$172 - 160 = 12$	65-76	$180 + 467 - 261 - 800 = -414$	65-71
7	$168 - 160 = 8$	67-78	$180 + 379 - 261 - 800 = -502$	67-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$180 - 168 = 12$	71-82	$180 + 600 - 261 - 800 = -281$	71-81
2	$180 - 164 = 16$	72-83	$180 + 575 - 261 - 800 = -306$	72-81
3	$176 - 168 = 8$	73-84	$180 + 548 - 261 - 800 = -333$	73-81
4	$176 - 164 = 12$	74-85	$180 + 508 - 261 - 800 = -373$	74-81
5	$172 - 160 = 12$	75-86	$180 + 467 - 261 - 800 = -414$	75-81
6	$168 - 360 = -192$	76-87	$180 + 424 - 261 - 800 = -457$	76-81
8	$164 - 168 = -4$	78-89	$180 + 330 - 261 - 800 = -551$	78-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$180 - 168 + 575 = 587$	81-92	$180+600+600-261-800 = 319$	81-91
2	$180 - 164 + 548 = 564$	82-93	$180+575+600-261-800 = 294$	82-91
3	$176 - 168 + 508 = 516$	83-94	$180+548+600-261-800 = 267$	83-91
4	$176 - 164 + 467 = 479$	84-95	$180+508+600-261-800 = 227$	84-91
5	$172 - 160 + 424 = 436$	85-96	$180+467+600-261-800 = 186$	85-91
6	$168 - 360 + 379 = 187$	86-97	$180+424+600-261-800 = 143$	86-91
7	$168 - 160 + 330 = 338$	87-98	$180+379+600-261-800 = 98$	87-91
9	$160 - 176 + 223 = 207$	89-910	$180+278+600-261-800 = -3$	89-91

5. Peralatan *Mixed bed air blower*

Tabel L3.5 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Mixed bed air blower*

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
2	$240 - 144 = 96$	12-23	$240 + 600 - 444 - 860 = -464$	12-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$240 - 141 = 99$	21-32	$240 + 625 - 444 - 860 = -439$	21-31
3	$236 - 150 = 86$	23-34	$240 + 573 - 444 - 860 = -491$	23-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$240 - 141 = 99$	31-42	$240 + 625 - 444 - 860 = -439$	31-41
2	$240 - 144 = 96$	32-43	$240 + 600 - 444 - 860 = -464$	32-41
4	$236 - 153 = 83$	34-45	$240 + 533 - 444 - 860 = -531$	34-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$240 - 141 = 99$	41-52	$240 + 625 - 444 - 860 = -439$	41-51
2	$240 - 144 = 96$	42-53	$240 + 600 - 444 - 860 = -464$	42-51
3	$236 - 150 = 86$	43-54	$240 + 573 - 444 - 860 = -491$	43-51
5	$232 - 159 = 73$	45-56	$240 + 492 - 444 - 860 = -572$	45-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$240 - 141 = 99$	51-62	$240 + 625 - 444 - 860 = -439$	51-61
2	$240 - 144 = 96$	52-63	$240 + 600 - 444 - 860 = -464$	52-61
3	$236 - 150 = 86$	53-64	$240 + 573 - 444 - 860 = -491$	53-61
4	$236 - 153 = 83$	54-65	$240 + 533 - 444 - 860 = -531$	54-61
6	$228 - 162 = 66$	56-67	$240 + 449 - 444 - 860 = -615$	56-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$240 - 141 = 99$	61-72	$240 + 625 - 444 - 860 = -439$	61-71
2	$240 - 144 = 96$	62-73	$240 + 600 - 444 - 860 = -464$	62-71
3	$236 - 150 = 86$	63-74	$240 + 573 - 444 - 860 = -491$	63-71
4	$236 - 153 = 83$	64-75	$240 + 533 - 444 - 860 = -531$	64-71
5	$232 - 159 = 73$	65-76	$240 + 492 - 444 - 860 = -572$	65-71
7	$228 - 168 = 60$	67-78	$240 + 404 - 444 - 860 = -660$	67-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$240 - 141 = 99$	71-82	$240 + 625 - 444 - 860 = -439$	71-81
2	$240 - 144 = 96$	72-83	$240 + 600 - 444 - 860 = -464$	72-81
3	$236 - 150 = 86$	73-84	$240 + 573 - 444 - 860 = -491$	73-81
4	$236 - 153 = 83$	74-85	$240 + 533 - 444 - 860 = -531$	74-81
5	$232 - 159 = 73$	75-86	$240 + 492 - 444 - 860 = -572$	75-81
6	$228 - 162 = 66$	76-87	$240 + 449 - 444 - 860 = -615$	76-81
8	$224 - 174 = 50$	78-89	$240 + 355 - 444 - 860 = -709$	78-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$240 - 141 + 600 = 699$	81-92	$240 + 625 + 625 - 444 - 860 = 186$	81-91
2	$240 - 144 + 573 = 669$	82-93	$240 + 600 + 625 - 444 - 860 = 161$	82-91
3	$236 - 150 + 533 = 619$	83-94	$240 + 573 + 625 - 444 - 860 = 134$	83-91
4	$236 - 153 + 492 = 575$	84-95	$240 + 533 + 625 - 444 - 860 = 94$	84-91
5	$232 - 159 + 449 = 522$	85-96	$240 + 492 + 625 - 444 - 860 = 53$	85-91
6	$228 - 162 + 404 = 470$	86-97	$240 + 449 + 625 - 444 - 860 = 10$	86-91
7	$228 - 168 + 355 = 415$	87-98	$240 + 404 + 625 - 444 - 860 = -35$	87-91
9	$220 - 210 + 248 = 258$	89-910	$220 + 303 + 625 - 444 - 860 = -136$	89-91

6. Peralatan *Antifoam pump*

Tabel L3.6 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Antifoam pump*

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
3	$586 - 159 = 428$	13-24	$605 + 1328 - 145 - 1500 = 288$	13-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$599 - 150 = 450$	21-32	$605 + 1447 - 145 - 1500 = 407$	21-31
4	$579 - 163 = 416$	24-35	$605 + 1260 - 145 - 1500 = 220$	24-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$599 - 150 = 450$	31-42	$605 + 1447 - 145 - 1500 = 407$	31-41
2	$593 - 224 = 369$	32-43	$605 + 1390 - 145 - 1500 = 350$	32-41
5	$571 - 168 = 403$	35-46	$605 + 1186 - 145 - 1500 = 146$	35-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$599 - 150 = 450$	41-52	$605 + 1447 - 145 - 1500 = 407$	41-51
2	$593 - 224 = 369$	42-53	$605 + 1390 - 145 - 1500 = 350$	42-51
3	$586 - 159 = 428$	43-54	$605 + 1328 - 145 - 1500 = 288$	43-51
6	$563 - 248 = 315$	46-57	$605 + 1105 - 145 - 1500 = 65$	46-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$599 - 150 = 450$	51-62	$605 + 1447 - 145 - 1500 = 407$	51-61
2	$593 - 224 = 369$	52-63	$605 + 1390 - 145 - 1500 = 350$	52-61
3	$586 - 159 = 428$	53-64	$605 + 1328 - 145 - 1500 = 288$	53-61
4	$579 - 163 = 416$	54-65	$605 + 1260 - 145 - 1500 = 220$	54-61
7	$554 - 179 = 376$	57-68	$605 + 1016 - 145 - 1500 = -24$	57-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$599 - 150 = 450$	61-72	$605 + 1447 - 145 - 1500 = 407$	61-71
2	$593 - 224 = 369$	62-73	$605 + 1390 - 145 - 1500 = 350$	62-71
3	$586 - 159 = 428$	63-74	$605 + 1328 - 145 - 1500 = 288$	63-71
4	$579 - 163 = 416$	64-75	$605 + 1260 - 145 - 1500 = 220$	64-71
5	$571 - 168 = 403$	65-76	$605 + 1186 - 145 - 1500 = 146$	65-71
8	$544 - 184 = 360$	68-79	$605 + 919 - 145 - 1500 = -121$	68-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$599 - 150 = 450$	71-82	$605 + 1447 - 145 - 1500 = 407$	71-81
2	$593 - 224 = 369$	72-83	$605 + 1390 - 145 - 1500 = 350$	72-81
3	$586 - 159 = 428$	73-84	$605 + 1328 - 145 - 1500 = 288$	73-81
4	$579 - 163 = 416$	74-85	$605 + 1260 - 145 - 1500 = 220$	74-81
5	$571 - 168 = 403$	75-86	$605 + 1186 - 145 - 1500 = 146$	75-81
6	$563 - 248 = 315$	76-87	$605 + 1105 - 145 - 1500 = 65$	76-81
9	$534 - 190 = 345$	79-810	$605 + 813 - 145 - 1500 = -227$	79-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$599 - 150 + 1390 = 1840$	81-92	$605+1447+1447-145-1500= 1854$	81-91
2	$593 - 224 + 1328 = 1697$	82-93	$605+1390+1447-145-1500= 1797$	82-91
3	$586 - 159 + 1260 = 1688$	83-94	$605+1328+1447-145-1500= 1735$	83-91
4	$579 - 163 + 1186 = 1602$	84-95	$605+1260+1447-145-1500= 1667$	84-91
5	$571 - 168 + 1105 = 1508$	85-96	$605+1186+1447-145-1500= 1593$	85-91
6	$563 - 248 + 1016 = 1331$	86-97	$605+1105+1447-145-1500= 1512$	86-91
7	$554 - 179 + 919 = 1295$	87-98	$605+1016+1447-145-1500= 1423$	87-91
10	$524 - 195 + 570 = 899$	810-911	$605+697+1447-145-1500=1104$	89-91

7. Peralatan *Brine heater*

Tabel L3.7 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Brine heater*

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
3	$1345 - 634 = 711$	13-24	$1210 + 9828 - 581 - 10000 = 457$	13-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1198 - 598 = 600$	21-32	$1210 + 9947 - 581 - 10000 = 576$	21-31
4	$1158 - 653 = 505$	24-35	$1210 + 9760 - 581 - 10000 = 389$	24-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1198 - 598 = 600$	31-42	$1210 + 9947 - 581 - 10000 = 576$	31-41
2	$947 - 896 = 51$	32-43	$1210 + 9890 - 581 - 10000 = 519$	32-41
5	$1142 - 673 = 469$	35-46	$1210 + 9686 - 581 - 10000 = 315$	35-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1198 - 598 = 600$	41-52	$1210 + 9947 - 581 - 10000 = 576$	41-51
2	$947 - 896 = 51$	42-53	$1210 + 9890 - 581 - 10000 = 519$	42-51
3	$1345 - 634 = 711$	43-54	$1210 + 9828 - 581 - 10000 = 457$	43-51
6	$1126 - 993 = 133$	46-57	$1210 + 9605 - 581 - 10000 = 234$	46-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1198 - 598 = 600$	51-62	$1210 + 9947 - 581 - 10000 = 576$	51-61
2	$947 - 896 = 51$	52-63	$1210 + 9890 - 581 - 10000 = 519$	52-61
3	$1345 - 634 = 711$	53-64	$1210 + 9828 - 581 - 10000 = 457$	53-61
4	$1158 - 653 = 505$	54-65	$1210 + 9760 - 581 - 10000 = 389$	54-61
7	$883 - 714 = 169$	57-68	$1210 + 9516 - 581 - 10000 = 145$	57-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1198 - 598 = 600$	61-72	$1210 + 9947 - 581 - 10000 = 576$	61-71
2	$947 - 896 = 51$	62-73	$1210 + 9890 - 581 - 10000 = 519$	62-71
3	$1345 - 634 = 711$	63-74	$1210 + 9828 - 581 - 10000 = 457$	63-71
4	$1158 - 653 = 505$	64-75	$1210 + 9760 - 581 - 10000 = 389$	64-71
5	$1142 - 673 = 469$	65-76	$1210 + 9686 - 581 - 10000 = 315$	65-71
8	$1088 - 736 = 352$	68-79	$1210 + 9419 - 581 - 10000 = 48$	68-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1198 - 598 = 600$	71-82	$1210 + 9947 - 581 - 10000 = 576$	71-81
2	$947 - 896 = 51$	72-83	$1210 + 9890 - 581 - 10000 = 519$	72-81
3	$1345 - 634 = 711$	73-84	$1210 + 9828 - 581 - 10000 = 457$	73-81
4	$1158 - 653 = 505$	74-85	$1210 + 9760 - 581 - 10000 = 389$	74-81
5	$1142 - 673 = 469$	75-86	$1210 + 9686 - 581 - 10000 = 315$	75-81
6	$1126 - 993 = 133$	76-87	$1210 + 9605 - 581 - 10000 = 234$	76-81
9	$1299 - 758 = 541$	79-810	$1210 + 9311 - 581 - 10000 = -58$	79-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$1198 - 598 + 9890 = 10490$	81-92	$1210 + 9947 + 9947 - 581 - 10000 = 10523$	81-91
2	$947 - 896 + 9828 = 9879$	82-93	$1210 + 9890 + 9947 - 581 - 10000 = 10466$	82-91
3	$1345 - 634 + 9760 = 10471$	83-94	$1210 + 9828 + 9947 - 581 - 10000 = 10404$	83-91
4	$1158 - 653 + 9686 = 10191$	84-95	$1210 + 9760 + 9947 - 581 - 10000 = 10336$	84-91
5	$1142 - 673 + 9605 = 10074$	85-96	$1210 + 9686 + 9947 - 581 - 10000 = 10262$	85-91
6	$1126 - 993 + 9516 = 9649$	86-97	$1210 + 9605 + 9947 - 581 - 10000 = 10181$	86-91
7	$883 - 714 + 9419 = 9588$	87-98	$1210 + 9516 + 9947 - 581 - 10000 = 10092$	87-91
10	$1048 - 780 + 9070 = 9338$	810-911	$1210 + 9313 + 9947 - 581 - 10000 = 9773$	89-91

8. Peralatan *blowdown pump*

Tabel L3.8 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *blowdown pump*

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 = 908$	11-22	$1335 + 7470 - 995 - 7500 = 310$	11-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 = 908$	21-32	$1335 + 7470 - 995 - 7500 = 310$	21-31
2	$1308 - 427 = 881$	22-33	$1335 + 7437 - 995 - 7500 = 277$	22-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 = 908$	31-42	$1335 + 7470 - 995 - 7500 = 310$	31-41
2	$1308 - 427 = 881$	32-43	$1335 + 7437 - 995 - 7500 = 277$	32-41
3	$1293 - 440 = 853$	33-44	$1335 + 7400 - 995 - 7500 = 240$	33-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 = 908$	41-52	$1335 + 7470 - 995 - 7500 = 310$	41-51
2	$1308 - 427 = 881$	42-53	$1335 + 7437 - 995 - 7500 = 277$	42-51
3	$1293 - 440 = 853$	43-54	$1335 + 7400 - 995 - 7500 = 240$	43-51
4	$628 - 453 = 175$	44-55	$1335 + 7359 - 995 - 7500 = 199$	44-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 = 908$	51-62	$1335 + 7470 - 995 - 7500 = 310$	51-61
2	$1308 - 427 = 881$	52-63	$1335 + 7437 - 995 - 7500 = 277$	52-61
3	$1293 - 440 = 853$	53-64	$1335 + 7400 - 995 - 7500 = 240$	53-61
4	$628 - 453 = 175$	54-65	$1335 + 7359 - 995 - 7500 = 199$	54-61
5	$1260 - 467 = 793$	55-66	$1335 + 7314 - 995 - 7500 = 154$	55-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 = 908$	61-72	$1335 + 7470 - 995 - 7500 = 310$	61-71
2	$1308 - 427 = 881$	62-73	$1335 + 7437 - 995 - 7500 = 277$	62-71
3	$1293 - 440 = 853$	63-74	$1335 + 7400 - 995 - 7500 = 240$	63-71
4	$628 - 453 = 175$	64-75	$1335 + 7359 - 995 - 7500 = 199$	64-71
5	$1260 - 467 = 793$	65-76	$1335 + 7314 - 995 - 7500 = 154$	65-71
6	$502 - 481 = 21$	66-77	$1335 + 7265 - 995 - 7500 = 105$	66-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 = 908$	71-82	$1335 + 7470 - 995 - 7500 = 310$	71-81
2	$1308 - 427 = 881$	72-83	$1335 + 7437 - 995 - 7500 = 277$	72-81
3	$1293 - 440 = 853$	73-84	$1335 + 7400 - 995 - 7500 = 240$	73-81
4	$628 - 453 = 175$	74-85	$1335 + 7359 - 995 - 7500 = 199$	74-81
5	$1260 - 467 = 793$	75-86	$1335 + 7314 - 995 - 7500 = 154$	75-81
6	$502 - 481 = 21$	76-87	$1335 + 7265 - 995 - 7500 = 105$	76-81
7	$1224 - 995 = 229$	77-88	$1335 + 7211 - 995 - 7500 = 51$	77-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$1323 - 415 + 7437 = 8345$	81-92	$1335 + 7470 + 7470 - 995 - 7500 = 7780$	81-91
2	$1308 - 427 + 7400 = 8261$	82-93	$1335 + 7437 + 7470 - 995 - 7500 = 7747$	82-91
3	$1293 - 440 + 7359 = 8212$	83-94	$1335 + 7400 + 7470 - 995 - 7500 = 7710$	83-91
4	$628 - 453 + 7314 = 7489$	84-95	$1335 + 7359 + 7470 - 995 - 7500 = 7669$	84-91
5	$1260 - 467 + 7265 = 8058$	85-96	$1335 + 7314 + 7470 - 995 - 7500 = 7624$	85-91
6	$502 - 481 + 7211 = 7232$	86-97	$1335 + 7265 + 7470 - 995 - 7500 = 7575$	86-91
7	$1224 - 995 + 7151 = 7380$	87-98	$1335 + 7211 + 7470 - 995 - 7500 = 7521$	87-91
8	$493 - 510 + 7085 = 7068$	88-99	$1335 + 7151 + 7470 - 995 - 7500 = 7461$	88-91

9. Peralatan *Destilate pump*

Tabel L3.9 Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan *Destilate pump*

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 1				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
5	$1008 - 461 = 547$	15-26	$1074 + 1441 - 225 - 3000 = -710$	15-21
Tahun 2				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1062 - 231 = 831$	21-32	$1074 + 1500 - 225 - 3000 = -651$	21-31
6	$996 - 268 = 728$	26-37	$1074 + 1420 - 225 - 3000 = -731$	26-31
Tahun 3				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1062 - 231 = 831$	31-42	$1074 + 1500 - 225 - 3000 = -651$	31-41
2	$1050 - 238 = 812$	32-43	$1074 + 1489 - 225 - 3000 = -662$	32-41
7	$978 - 277 = 701$	37-48	$1074 + 1397 - 225 - 3000 = -754$	37-41
Tahun 4				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1062 - 231 = 831$	41-52	$1074 + 1500 - 225 - 3000 = -651$	41-51
2	$1050 - 238 = 812$	42-53	$1074 + 1489 - 225 - 3000 = -662$	42-51
3	$1038 - 246 = 792$	43-54	$1074 + 1476 - 225 - 3000 = -675$	43-51
8	$966 - 285 = 681$	48-59	$1074 + 1370 - 225 - 3000 = -781$	48-51
Tahun 5				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1062 - 231 = 831$	51-62	$1074 + 1500 - 225 - 3000 = -651$	51-61
2	$1050 - 238 = 812$	52-63	$1074 + 1489 - 225 - 3000 = -662$	52-61
3	$1038 - 246 = 792$	53-64	$1074 + 1476 - 225 - 3000 = -675$	53-61
4	$1026 - 253 = 773$	54-65	$1074 + 1460 - 225 - 3000 = -691$	54-61
9	$948 - 293 = 655$	59-610	$1074 + 1340 - 225 - 3000 = -811$	59-61
Tahun 6				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1062 - 231 = 831$	61-72	$1074 + 1500 - 225 - 3000 = -651$	61-71
2	$1050 - 238 = 812$	62-73	$1074 + 1489 - 225 - 3000 = -662$	62-71
3	$1038 - 246 = 792$	63-74	$1074 + 1476 - 225 - 3000 = -675$	63-71
4	$1026 - 253 = 773$	64-75	$1074 + 1460 - 225 - 3000 = -691$	64-71
5	$1008 - 461 = 547$	65-76	$1074 + 1441 - 225 - 3000 = -710$	65-71
10	$924 - 502 = 422$	610-711	$1074 + 1307 - 225 - 3000 = -844$	610-71

	MEMPERTAHANKAN	CABANG	MENGGANTI	CABANG
Tahun 7				
n	$P_{(n)} - B_{(n)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} - B_{(0)} - I$	
1	$1062 - 231 = 831$	71-82	$1074 + 1500 - 225 - 3000 = - 651$	71-81
2	$1050 - 238 = 812$	72-83	$1074 + 1489 - 225 - 3000 = - 662$	72-81
3	$1038 - 246 = 792$	73-84	$1074 + 1476 - 225 - 3000 = - 675$	73-81
4	$1026 - 253 = 773$	74-85	$1074 + 1460 - 225 - 3000 = - 691$	74-81
5	$1008 - 461 = 547$	75-86	$1074 + 1441 - 225 - 3000 = - 710$	75-81
6	$996 - 268 = 728$	76-87	$1074 + 1420 - 225 - 3000 = - 731$	76-81
11	$906 - 311 = 595$	711-812	$1074 + 1270 - 225 - 3000 = - 881$	711-81
Tahun 8				
n	$P_{(n)} - B_{(n)} + S_{(n+1)}$		$P_{(0)} + S_{(n)} + S_{(1)} - B_{(0)} - I$	
1	$1062 - 231 + 1489 = 2320$	81-92	$1074 + 1500 + 1500 - 225 - 3000 = 849$	81-91
2	$1050 - 238 + 1476 = 2288$	82-93	$1074 + 1489 + 1500 - 225 - 3000 = 838$	82-91
3	$1038 - 246 + 1460 = 2252$	83-94	$1074 + 1476 + 1500 - 225 - 3000 = 825$	83-91
4	$1026 - 253 + 1441 = 2214$	84-95	$1074 + 1460 + 1500 - 225 - 3000 = 809$	84-91
5	$1008 - 461 + 1420 = 1967$	85-96	$1074 + 1441 + 1500 - 225 - 3000 = 790$	85-91
6	$996 - 268 + 1397 = 2125$	86-97	$1074 + 1420 + 1500 - 225 - 3000 = 769$	86-91
7	$978 - 277 + 1370 = 2071$	87-98	$1074 + 1397 + 1500 - 225 - 3000 = 746$	87-91
12	$888 - 321 + 1186 = 1753$	812-913	$1074 + 1230 + 1500 - 225 - 3000 = 579$	812-91

LAMPIRAN 4

1. Pemodelan matematis *Ejector*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 15*X_{1122} + (-343)*X_{1121} + 15*X_{2132} + (-343)*X_{2131} + 6*X_{2233} + \\ & (-376)*X_{2231} + 15*X_{3142} + (-343)*X_{3141} + 6*X_{3243} + (-376)*X_{3241} + \\ & (-6)*X_{3344} + (-413)*X_{3341} + 15*X_{4152} + (-343)*X_{4151} + 6*X_{4253} + \\ & (-376)*X_{4251} + (-6)*X_{4354} + (-413)*X_{4351} + (-15)*X_{4455} + \\ & (-454)*X_{4451} + 15*X_{5162} + (-343)*X_{5161} + 6*X_{5263} + (-376)*X_{5261} + \\ & (-6)*X_{5364} + (-413)*X_{5361} + (-15)*X_{5465} + (-454)*X_{5461} + \\ & (-27)*X_{5566} + (-499)*X_{5561} + 15*X_{6172} + (-343)*X_{6171} + 6*X_{6273} + \\ & (-376)*X_{6271} + (-6)*X_{6374} + (-413)*X_{6371} + (-15)*X_{6475} + \\ & (-454)*X_{6471} + (-27)*X_{6576} + (-499)*X_{6571} + (-42)*X_{6677} + \\ & (-548)*X_{6671} + (15)*X_{7182} + (-343)*X_{7181} + 6*X_{7283} + (-376)*X_{7281} + \\ & (-6)*X_{7384} + (-413)*X_{7381} + (-15)*X_{7485} + (-454)*X_{7481} + \\ & (-27)*X_{7586} + (-499)*X_{7581} + (-42)*X_{7687} + (-548)*X_{7681} + \\ & (-54)*X_{7788} + (-602)*X_{7781} + 1452*X_{8192} + 1127*X_{8191} + 1406*X_{8293} + \\ & 1094*X_{8291} + 1353*X_{8394} + 1057*X_{8391} + 1299*X_{8495} + 1016*X_{8491} + \\ & 1238*X_{8596} + 971*X_{8591} + 1169*X_{8697} + 922*X_{8691} + 1097*X_{8798} + \\ & 868*X_{8791} + 1019*X_{8899} + 808*X_{8891}; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1122} + X_{1121} &= 1; \\ X_{1122} &= X_{2233} + X_{2231}; \\ X_{1121} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2233} &= X_{3344} + X_{3341}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2231} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3344} &= X_{4455} + X_{4451}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \end{aligned}$$

$$X_{3141}+X_{3241}+X_{3341}=X_{4152}+X_{4151};$$

$$X_{4455}=X_{5566}+X_{5561};$$

$$X_{4354}=X_{5465}+X_{5461};$$

$$X_{4253}=X_{5364}+X_{5361};$$

$$X_{4152}=X_{5263}+X_{5261};$$

$$X_{4151}+X_{4251}+X_{4351}+X_{4451}=X_{5162}+X_{5161};$$

$$X_{5566}=X_{6677}+X_{6671};$$

$$X_{5465}=X_{6576}+X_{6571};$$

$$X_{5364}=X_{6475}+X_{6471};$$

$$X_{5263}=X_{6374}+X_{6371};$$

$$X_{5162}=X_{6273}+X_{6271};$$

$$X_{5161}+X_{5261}+X_{5361}+X_{5461}+X_{5561}=X_{6172}+X_{6171};$$

$$X_{6677}=X_{7788}+X_{7781};$$

$$X_{6576}=X_{7687}+X_{7681};$$

$$X_{6475}=X_{7586}+X_{7581};$$

$$X_{6374}=X_{7485}+X_{7481};$$

$$X_{6273}=X_{7384}+X_{7381};$$

$$X_{6172}=X_{7283}+X_{7281};$$

$$X_{6171}+X_{6271}+X_{6371}+X_{6471}+X_{6571}+X_{6671}=X_{7182}+X_{7181};$$

$$X_{7788}=X_{8899}+X_{8891};$$

$$X_{7687}=X_{8798}+X_{8791};$$

$$X_{7586}=X_{8697}+X_{8691};$$

$$X_{7485}=X_{8596}+X_{8591};$$

$$X_{7384}=X_{8495}+X_{8491};$$

$$X_{7283}=X_{8394}+X_{8391};$$

$$X_{7182}=X_{8293}+X_{8291};$$

$$X_{7181}+X_{7281}+X_{7381}+X_{7481}+X_{7581}+X_{7681}+X_{7781}=X_{8192}+X_{8191};$$

$$X_{8191}+X_{8291}+X_{8391}+X_{8491}+X_{8591}+X_{8691}+X_{8791}+X_{8891}=X_{91105};$$

$$X_{8192}=X_{92105};$$

$$X_{8293}=X_{93105};$$

$$X_{8394}=X_{94105};$$

$$X_{8495}=X_{95105};$$

$$X_{8596}=X_{96105};$$

$$X_{8697}=X_{97105};$$

$$X_{8798}=X_{98105};$$

$$X_{8899}=X_{99105};$$

$$X_{99105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN (X1122) ;@BIN (X1121) ;@BIN (X2132) ;@BIN (X2131) ;
@BIN (X2233) ;@BIN (X2231) ;@BIN (X3142) ;@BIN (X3141) ;
@BIN (X3243) ;@BIN (X3241) ;@BIN (X3344) ;@BIN (X3341) ;
@BIN (X4152) ;@BIN (X4151) ;@BIN (X4253) ;@BIN (X4251) ;
@BIN (X4354) ;@BIN (X4351) ;@BIN (X4455) ;@BIN (X4451) ;
@BIN (X5162) ;@BIN (X5161) ;@BIN (X5263) ;@BIN (X5261) ;
@BIN (X5364) ;@BIN (X5361) ;@BIN (X5465) ;@BIN (X5461) ;
@BIN (X5566) ;@BIN (X5561) ;@BIN (X6172) ;@BIN (X6171) ;
@BIN (X6273) ;@BIN (X6271) ;@BIN (X6374) ;@BIN (X6371) ;
@BIN (X6475) ;@BIN (X6471) ;@BIN (X6576) ;@BIN (X6571) ;
@BIN (X6677) ;@BIN (X6671) ;@BIN (X7182) ;@BIN (X7181) ;
@BIN (X7283) ;@BIN (X7281) ;@BIN (X7384) ;@BIN (X7381) ;
@BIN (X7485) ;@BIN (X7481) ;@BIN (X7586) ;@BIN (X7581) ;
@BIN (X7687) ;@BIN (X7681) ;@BIN (X7788) ;@BIN (X7781) ;
@BIN (X8192) ;@BIN (X8191) ;@BIN (X8293) ;@BIN (X8291) ;
@BIN (X8394) ;@BIN (X8391) ;@BIN (X8495) ;@BIN (X8491) ;
@BIN (X8596) ;@BIN (X8591) ;@BIN (X8697) ;@BIN (X8691) ;
@BIN (X8798) ;@BIN (X8791) ;@BIN (X8899) ;@BIN (X8891) ;
@BIN (X91105) ;@BIN (X92105) ;@BIN (X93105) ;@BIN (X94105) ;
@BIN (X95105) ;@BIN (X96105) ;@BIN (X97105) ;@BIN (X98105) ;@BIN (X99105
);

2. Pemodelan matematis *Antiscale pump*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 32 * X_{1223} + (-404) * X_{1221} + 293 * X_{2132} + (-379) * X_{2131} + 366 * X_{2334} + \\ & (-431) * X_{2331} + 293 * X_{3142} + (-379) * X_{3141} + 32 * X_{3243} + (-404) * X_{3241} + \\ & 365 * X_{3445} + (-471) * X_{3441} + 293 * X_{4152} + (-379) * X_{4151} + 32 * X_{4253} + \\ & (-404) * X_{4251} + 366 * X_{4354} + (-431) * X_{4351} + 40 * X_{4556} + (-512) * X_{4551} + \\ & 293 * X_{5162} + (-379) * X_{5161} + 32 * X_{5263} + (-404) * X_{5261} + 366 * X_{5364} + \\ & (-431) * X_{5361} + 365 * X_{5465} + (-471) * X_{5461} + 31 * X_{5667} + (-555) * X_{5661} + \\ & 293 * X_{6172} + (-379) * X_{6171} + 32 * X_{6273} + (-404) * X_{6271} + 366 * X_{6374} + \\ & (-431) * X_{6371} + 365 * X_{6475} + (-471) * X_{6471} + 40 * X_{6576} + (-512) * X_{6571} + \\ & 357 * X_{6778} + (-600) * X_{6771} + 293 * X_{7182} + (-379) * X_{7181} + 32 * X_{7283} + \\ & (-404) * X_{7281} + 366 * X_{7384} + (-431) * X_{7381} + 365 * X_{7485} + (-471) * X_{7481} + \\ & 40 * X_{7586} + (-512) * X_{7581} + 31 * X_{7687} + (-555) * X_{7681} + 330 * X_{7889} + \\ & (-649) * X_{7881} + 1268 * X_{8192} + 621 * X_{8191} + 980 * X_{8293} + 596 * X_{8291} + \\ & 1274 * X_{8394} + 569 * X_{8391} + 1232 * X_{8495} + 529 * X_{8491} + 864 * X_{8596} + \\ & 488 * X_{8591} + 810 * X_{8697} + 445 * X_{8691} + 1087 * X_{8798} + 400 * X_{8791} + \\ & 640 * X_{89910} + (-1) * X_{8991} \quad ; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1223} + X_{1221} &= 1; \\ X_{1223} &= X_{2334} + X_{2331}; \\ X_{1221} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2334} &= X_{3445} + X_{3441}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2231} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3445} &= X_{4556} + X_{4551}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3441} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4556} &= X_{5667} + X_{5661}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \\ X_{4253} &= X_{5364} + X_{5361}; \\ X_{4152} &= X_{5263} + X_{5261}; \end{aligned}$$

$$X_{4151}+X_{4251}+X_{4351}+X_{4551}=X_{5162}+X_{5161};$$

$$X_{5667}=X_{6778}+X_{6771};$$

$$X_{5465}=X_{6576}+X_{6571};$$

$$X_{5364}=X_{6475}+X_{6471};$$

$$X_{5263}=X_{6374}+X_{6371};$$

$$X_{5162}=X_{6273}+X_{6271};$$

$$X_{5161}+X_{5261}+X_{5361}+X_{5461}+X_{5661}=X_{6172}+X_{6171};$$

$$X_{6778}=X_{7889}+X_{7881};$$

$$X_{6576}=X_{7687}+X_{7681};$$

$$X_{6475}=X_{7586}+X_{7581};$$

$$X_{6374}=X_{7485}+X_{7481};$$

$$X_{6273}=X_{7384}+X_{7381};$$

$$X_{6172}=X_{7283}+X_{7281};$$

$$X_{6171}+X_{6271}+X_{6371}+X_{6471}+X_{6571}+X_{6771}=X_{7182}+X_{7181};$$

$$X_{7889}=X_{89910}+X_{8991};$$

$$X_{7687}=X_{8798}+X_{8791};$$

$$X_{7586}=X_{8697}+X_{8691};$$

$$X_{7485}=X_{8596}+X_{8591};$$

$$X_{7384}=X_{8495}+X_{8491};$$

$$X_{7283}=X_{8394}+X_{8391};$$

$$X_{7182}=X_{8293}+X_{8291};$$

$$X_{7181}+X_{7281}+X_{7381}+X_{7481}+X_{7581}+X_{7681}+X_{7881}=X_{8192}+X_{8191};$$

$$X_{8191}+X_{8291}+X_{8391}+X_{8491}+X_{8591}+X_{8691}+X_{8791}+X_{8991}=X_{91105};$$

$$X_{8192}=X_{92105};$$

$$X_{8293}=X_{93105};$$

$$X_{8394}=X_{94105};$$

$$X_{8495}=X_{95105};$$

$$X_{8596}=X_{96105};$$

$$X_{8697}=X_{97105};$$

$$X_{8798}=X_{98105};$$

$$X_{89910}=X_{910105};$$

$$X_{910105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN (X1223) ;@BIN (X1221) ;@BIN (X2132) ;@BIN (X2131) ;
@BIN (X2334) ;@BIN (X2331) ;@BIN (X3142) ;@BIN (X3141) ;
@BIN (X3243) ;@BIN (X3241) ;@BIN (X3345) ;@BIN (X3441) ;
@BIN (X4152) ;@BIN (X4151) ;@BIN (X4253) ;@BIN (X4251) ;
@BIN (X4354) ;@BIN (X4351) ;@BIN (X4556) ;@BIN (X4551) ;
@BIN (X5162) ;@BIN (X5161) ;@BIN (X5263) ;@BIN (X5261) ;
@BIN (X5364) ;@BIN (X5361) ;@BIN (X5465) ;@BIN (X5461) ;
@BIN (X5667) ;@BIN (X5661) ;@BIN (X6172) ;@BIN (X6171) ;
@BIN (X6273) ;@BIN (X6271) ;@BIN (X6374) ;@BIN (X6371) ;
@BIN (X6475) ;@BIN (X6471) ;@BIN (X6576) ;@BIN (X6571) ;
@BIN (X6778) ;@BIN (X6771) ;@BIN (X7182) ;@BIN (X7181) ;
@BIN (X7283) ;@BIN (X7281) ;@BIN (X7384) ;@BIN (X7381) ;
@BIN (X7485) ;@BIN (X7481) ;@BIN (X7586) ;@BIN (X7581) ;
@BIN (X7687) ;@BIN (X7681) ;@BIN (X7889) ;@BIN (X7881) ;
@BIN (X8192) ;@BIN (X8191) ;@BIN (X8293) ;@BIN (X8291) ;
@BIN (X8394) ;@BIN (X8391) ;@BIN (X8495) ;@BIN (X8491) ;
@BIN (X8596) ;@BIN (X8591) ;@BIN (X8697) ;@BIN (X8691) ;
@BIN (X8798) ;@BIN (X8791) ;@BIN (X89910) ;@BIN (X8991) ;
@BIN (X91105) ;@BIN (X92105) ;@BIN (X93105) ;@BIN (X94105) ;
@BIN (X95105) ;@BIN (X96105) ;@BIN (X97105) ;@BIN (X98105) ;@BIN (X91010
5) ;

3. Pemodelan matematis *Condensate pump*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 295 * X_{1223} + -576 * X_{1221} + 704 * X_{2132} + (-551) * X_{2131} + 807 * X_{2334} + \\ & (-603) * X_{2331} + 704 * X_{3142} + (-551) * X_{3141} + 295 * X_{3243} + (-576) * X_{3241} + \\ & 802 * X_{3445} + (-643) * X_{3441} + 704 * X_{4152} + (-551) * X_{4151} + 295 * X_{4253} + \\ & (-576) * X_{4251} + 807 * X_{4354} + (-603) * X_{4351} + 312 * X_{4556} + (-684) * X_{4551} + \\ & 704 * X_{5162} + (-551) * X_{5161} + 295 * X_{5263} + (-576) * X_{5261} + 807 * X_{5364} + \\ & (-603) * X_{5361} + 802 * X_{5465} + (-643) * X_{5461} + 294 * X_{5667} + (-727) * X_{5661} + \\ & 704 * X_{6172} + (-551) * X_{6171} + 295 * X_{6273} + (-576) * X_{6271} + 807 * X_{6374} + \\ & (-603) * X_{6371} + 802 * X_{6475} + (-643) * X_{6471} + 312 * X_{6576} + (-684) * X_{6571} + \\ & 786 * X_{6778} + (-772) * X_{6771} + 704 * X_{7182} + (-551) * X_{7181} + 295 * X_{7283} + \\ & (-576) * X_{7281} + 807 * X_{7384} + (-603) * X_{7381} + 802 * X_{7485} + \\ & (-643) * X_{7481} + 312 * X_{7586} + (-684) * X_{7581} + 294 * X_{7687} + (-727) * X_{7681} + \\ & 735 * X_{7889} + (-821) * X_{7881} + 2679 * X_{8192} + 1449 * X_{8191} + 2243 * X_{8293} + \\ & 1424 * X_{8291} + 2715 * X_{8394} + 1397 * X_{8391} + 2669 * X_{8495} + 1357 * X_{8491} + \\ & 2136 * X_{8596} + 1316 * X_{8591} + 2073 * X_{8697} + 1273 * X_{8691} + 2516 * X_{8798} + \\ & 1228 * X_{8791} + 2034 * X_{89910} + 827 * X_{8991}; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1223} + X_{1221} &= 1; \\ X_{1223} &= X_{2334} + X_{2331}; \\ X_{1221} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2334} &= X_{3445} + X_{3441}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2231} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3445} &= X_{4556} + X_{4551}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3441} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4556} &= X_{5667} + X_{5661}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \\ X_{4253} &= X_{5364} + X_{5361}; \\ X_{4152} &= X_{5263} + X_{5261}; \end{aligned}$$

$$X_{4151}+X_{4251}+X_{4351}+X_{4551}=X_{5162}+X_{5161};$$

$$X_{5667}=X_{6778}+X_{6771};$$

$$X_{5465}=X_{6576}+X_{6571};$$

$$X_{5364}=X_{6475}+X_{6471};$$

$$X_{5263}=X_{6374}+X_{6371};$$

$$X_{5162}=X_{6273}+X_{6271};$$

$$X_{5161}+X_{5261}+X_{5361}+X_{5461}+X_{5661}=X_{6172}+X_{6171};$$

$$X_{6778}=X_{7889}+X_{7881};$$

$$X_{6576}=X_{7687}+X_{7681};$$

$$X_{6475}=X_{7586}+X_{7581};$$

$$X_{6374}=X_{7485}+X_{7481};$$

$$X_{6273}=X_{7384}+X_{7381};$$

$$X_{6172}=X_{7283}+X_{7281};$$

$$X_{6171}+X_{6271}+X_{6371}+X_{6471}+X_{6571}+X_{6771}=X_{7182}+X_{7181};$$

$$X_{7889}=X_{89910}+X_{8991};$$

$$X_{7687}=X_{8798}+X_{8791};$$

$$X_{7586}=X_{8697}+X_{8691};$$

$$X_{7485}=X_{8596}+X_{8591};$$

$$X_{7384}=X_{8495}+X_{8491};$$

$$X_{7283}=X_{8394}+X_{8391};$$

$$X_{7182}=X_{8293}+X_{8291};$$

$$X_{7181}+X_{7281}+X_{7381}+X_{7481}+X_{7581}+X_{7681}+X_{7881}=X_{8192}+X_{8191};$$

$$X_{8191}+X_{8291}+X_{8391}+X_{8491}+X_{8591}+X_{8691}+X_{8791}+X_{8991}=X_{91105};$$

$$X_{8192}=X_{92105};$$

$$X_{8293}=X_{93105};$$

$$X_{8394}=X_{94105};$$

$$X_{8495}=X_{95105};$$

$$X_{8596}=X_{96105};$$

$$X_{8697}=X_{97105};$$

$$X_{8798}=X_{98105};$$

$$X_{89910}=X_{910105};$$

$$X_{910105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN(X1223);@BIN(X1221);@BIN(X2132);@BIN(X2131);
@BIN(X2334);@BIN(X2331);@BIN(X3142);@BIN(X3141);
@BIN(X3243);@BIN(X3241);@BIN(X3345);@BIN(X3441);
@BIN(X4152);@BIN(X4151);@BIN(X4253);@BIN(X4251);
@BIN(X4354);@BIN(X4351);@BIN(X4556);@BIN(X4551);
@BIN(X5162);@BIN(X5161);@BIN(X5263);@BIN(X5261);
@BIN(X5364);@BIN(X5361);@BIN(X5465);@BIN(X5461);
@BIN(X5667);@BIN(X5661);@BIN(X6172);@BIN(X6171);
@BIN(X6273);@BIN(X6271);@BIN(X6374);@BIN(X6371);
@BIN(X6475);@BIN(X6471);@BIN(X6576);@BIN(X6571);
@BIN(X6778);@BIN(X6771);@BIN(X7182);@BIN(X7181);
@BIN(X7283);@BIN(X7281);@BIN(X7384);@BIN(X7381);
@BIN(X7485);@BIN(X7481);@BIN(X7586);@BIN(X7581);
@BIN(X7687);@BIN(X7681);@BIN(X7889);@BIN(X7881);
@BIN(X8192);@BIN(X8191);@BIN(X8293);@BIN(X8291);
@BIN(X8394);@BIN(X8391);@BIN(X8495);@BIN(X8491);
@BIN(X8596);@BIN(X8591);@BIN(X8697);@BIN(X8691);
@BIN(X8798);@BIN(X8791);@BIN(X89910);@BIN(X8991);
@BIN(X91105);@BIN(X92105);@BIN(X93105);@BIN(X94105);
@BIN(X95105);@BIN(X96105);@BIN(X97105);@BIN(X98105);@BIN(X91010
5);

4. Pemodelan matematis *Demin water pump*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 16 * X_{1223} + (-306) * X_{1221} + 12 * X_{2132} + (-281) * X_{2131} + 8 * X_{2334} + \\ & (-333) * X_{2331} + 12 * X_{3142} + (-281) * X_{3141} + 16 * X_{3243} + (-306) * X_{3241} + \\ & 12 * X_{3445} + (-373) * X_{3441} + 12 * X_{4152} + (-281) * X_{4151} + 16 * X_{4253} + \\ & (-306) * X_{4251} + 8 * X_{4354} + (-333) * X_{4351} + 12 * X_{4556} + (-414) * X_{4551} + \\ & 12 * X_{5162} + (-281) * X_{5161} + 16 * X_{5263} + (-306) * X_{5261} + 8 * X_{5364} + \\ & (-333) * X_{5361} + 12 * X_{5465} + (-373) * X_{5461} + (-192) * X_{5667} + (-457) * X_{5661} \\ & + 12 * X_{6172} + (-281) * X_{6171} + 16 * X_{6273} + (-306) * X_{6271} + 8 * X_{6374} + \\ & (-333) * X_{6371} + 12 * X_{6475} + (-373) * X_{6471} + 12 * X_{6576} + (-414) * X_{6571} + \\ & 8 * X_{6778} + (-502) * X_{6771} + 12 * X_{7182} + (-281) * X_{7181} + 16 * X_{7283} + \\ & (-306) * X_{7281} + 8 * X_{7384} + (-333) * X_{7381} + 12 * X_{7485} + (-373) * X_{7481} + \\ & 12 * X_{7586} + (-414) * X_{7581} + (-192) * X_{7687} + (-457) * X_{7681} + (-4) * X_{7889} + \\ & (-551) * X_{7881} + 587 * X_{8192} + 319 * X_{8191} + 564 * X_{8293} + 294 * X_{8291} + \\ & 516 * X_{8394} + 267 * X_{8391} + 479 * X_{8495} + 227 * X_{8491} + 436 * X_{8596} + \\ & 186 * X_{8591} + 187 * X_{8697} + 143 * X_{8691} + 338 * X_{8798} + 98 * X_{8791} + \\ & 207 * X_{89910} + (-3) * X_{8991}; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1223} + X_{1221} &= 1; \\ X_{1223} &= X_{2334} + X_{2331}; \\ X_{1221} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2334} &= X_{3445} + X_{3441}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2231} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3445} &= X_{4556} + X_{4551}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3441} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4556} &= X_{5667} + X_{5661}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \\ X_{4253} &= X_{5364} + X_{5361}; \\ X_{4152} &= X_{5263} + X_{5261}; \end{aligned}$$

$$X_{4151}+X_{4251}+X_{4351}+X_{4551}=X_{5162}+X_{5161};$$

$$X_{5667}=X_{6778}+X_{6771};$$

$$X_{5465}=X_{6576}+X_{6571};$$

$$X_{5364}=X_{6475}+X_{6471};$$

$$X_{5263}=X_{6374}+X_{6371};$$

$$X_{5162}=X_{6273}+X_{6271};$$

$$X_{5161}+X_{5261}+X_{5361}+X_{5461}+X_{5661}=X_{6172}+X_{6171};$$

$$X_{6778}=X_{7889}+X_{7881};$$

$$X_{6576}=X_{7687}+X_{7681};$$

$$X_{6475}=X_{7586}+X_{7581};$$

$$X_{6374}=X_{7485}+X_{7481};$$

$$X_{6273}=X_{7384}+X_{7381};$$

$$X_{6172}=X_{7283}+X_{7281};$$

$$X_{6171}+X_{6271}+X_{6371}+X_{6471}+X_{6571}+X_{6771}=X_{7182}+X_{7181};$$

$$X_{7889}=X_{89910}+X_{8991};$$

$$X_{7687}=X_{8798}+X_{8791};$$

$$X_{7586}=X_{8697}+X_{8691};$$

$$X_{7485}=X_{8596}+X_{8591};$$

$$X_{7384}=X_{8495}+X_{8491};$$

$$X_{7283}=X_{8394}+X_{8391};$$

$$X_{7182}=X_{8293}+X_{8291};$$

$$X_{7181}+X_{7281}+X_{7381}+X_{7481}+X_{7581}+X_{7681}+X_{7881}=X_{8192}+X_{8191};$$

$$X_{8191}+X_{8291}+X_{8391}+X_{8491}+X_{8591}+X_{8691}+X_{8791}+X_{8991}=X_{91105};$$

$$X_{8192}=X_{92105};$$

$$X_{8293}=X_{93105};$$

$$X_{8394}=X_{94105};$$

$$X_{8495}=X_{95105};$$

$$X_{8596}=X_{96105};$$

$$X_{8697}=X_{97105};$$

$$X_{8798}=X_{98105};$$

$$X_{89910}=X_{910105};$$

$$X_{910105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN (X1223) ;@BIN (X1221) ;@BIN (X2132) ;@BIN (X2131) ;
@BIN (X2334) ;@BIN (X2331) ;@BIN (X3142) ;@BIN (X3141) ;
@BIN (X3243) ;@BIN (X3241) ;@BIN (X3345) ;@BIN (X3441) ;
@BIN (X4152) ;@BIN (X4151) ;@BIN (X4253) ;@BIN (X4251) ;
@BIN (X4354) ;@BIN (X4351) ;@BIN (X4556) ;@BIN (X4551) ;
@BIN (X5162) ;@BIN (X5161) ;@BIN (X5263) ;@BIN (X5261) ;
@BIN (X5364) ;@BIN (X5361) ;@BIN (X5465) ;@BIN (X5461) ;
@BIN (X5667) ;@BIN (X5661) ;@BIN (X6172) ;@BIN (X6171) ;
@BIN (X6273) ;@BIN (X6271) ;@BIN (X6374) ;@BIN (X6371) ;
@BIN (X6475) ;@BIN (X6471) ;@BIN (X6576) ;@BIN (X6571) ;
@BIN (X6778) ;@BIN (X6771) ;@BIN (X7182) ;@BIN (X7181) ;
@BIN (X7283) ;@BIN (X7281) ;@BIN (X7384) ;@BIN (X7381) ;
@BIN (X7485) ;@BIN (X7481) ;@BIN (X7586) ;@BIN (X7581) ;
@BIN (X7687) ;@BIN (X7681) ;@BIN (X7889) ;@BIN (X7881) ;
@BIN (X8192) ;@BIN (X8191) ;@BIN (X8293) ;@BIN (X8291) ;
@BIN (X8394) ;@BIN (X8391) ;@BIN (X8495) ;@BIN (X8491) ;
@BIN (X8596) ;@BIN (X8591) ;@BIN (X8697) ;@BIN (X8691) ;
@BIN (X8798) ;@BIN (X8791) ;@BIN (X89910) ;@BIN (X8991) ;
@BIN (X91105) ;@BIN (X92105) ;@BIN (X93105) ;@BIN (X94105) ;
@BIN (X95105) ;@BIN (X96105) ;@BIN (X97105) ;@BIN (X98105) ;@BIN (X91010
5) ;

5. Pemodelan matematis *Mixed bed air blower*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 96 * X_{1223} + (-464) * X_{1221} + 99 * X_{2132} + (-439) * X_{2131} + 86 * X_{2334} + \\ & (-491) * X_{2331} + 99 * X_{3142} + (-439) * X_{3141} + 96 * X_{3243} + (-464) * X_{3241} + \\ & 83 * X_{3445} + (-531) * X_{3441} + 99 * X_{4152} + (-439) * X_{4151} + 96 * X_{4253} + \\ & (-464) * X_{4251} + 86 * X_{4354} + (-491) * X_{4351} + 73 * X_{4556} + (-572) * X_{4551} + \\ & 99 * X_{5162} + (-439) * X_{5161} + 96 * X_{5263} + (-464) * X_{5261} + 86 * X_{5364} + \\ & (-491) * X_{5361} + 83 * X_{5465} + (-531) * X_{5461} + 66 * X_{5667} + (-615) * X_{5661} + \\ & 99 * X_{6172} + (-439) * X_{6171} + 96 * X_{6273} + (-464) * X_{6271} + 86 * X_{6374} + \\ & (-491) * X_{6371} + 83 * X_{6475} + (-531) * X_{6471} + 73 * X_{6576} + (-572) * X_{6571} + \\ & 60 * X_{6778} + (-660) * X_{6771} + 99 * X_{7182} + (-439) * X_{7181} + 96 * X_{7283} + \\ & (-464) * X_{7281} + 86 * X_{7384} + (-491) * X_{7381} + 83 * X_{7485} + (-531) * X_{7481} + \\ & 73 * X_{7586} + (-572) * X_{7581} + 66 * X_{7687} + (-615) * X_{7681} + 50 * X_{7889} + \\ & (-709) * X_{7881} + 699 * X_{8192} + 186 * X_{8191} + 669 * X_{8293} + 161 * X_{8291} + \\ & 619 * X_{8394} + 134 * X_{8391} + 575 * X_{8495} + 94 * X_{8491} + 522 * X_{8596} + 53 * X_{8591} \\ & + 470 * X_{8697} + 10 * X_{8691} + 415 * X_{8798} + (-35) * X_{8791} + 258 * X_{89910} + \\ & (-136) * X_{8991} ; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1223} + X_{1221} &= 1; \\ X_{1223} &= X_{2334} + X_{2331}; \\ X_{1221} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2334} &= X_{3445} + X_{3441}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2231} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3445} &= X_{4556} + X_{4551}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3441} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4556} &= X_{5667} + X_{5661}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \\ X_{4253} &= X_{5364} + X_{5361}; \\ X_{4152} &= X_{5263} + X_{5261}; \end{aligned}$$

$$X_{4151}+X_{4251}+X_{4351}+X_{4551}=X_{5162}+X_{5161};$$

$$X_{5667}=X_{6778}+X_{6771};$$

$$X_{5465}=X_{6576}+X_{6571};$$

$$X_{5364}=X_{6475}+X_{6471};$$

$$X_{5263}=X_{6374}+X_{6371};$$

$$X_{5162}=X_{6273}+X_{6271};$$

$$X_{5161}+X_{5261}+X_{5361}+X_{5461}+X_{5661}=X_{6172}+X_{6171};$$

$$X_{6778}=X_{7889}+X_{7881};$$

$$X_{6576}=X_{7687}+X_{7681};$$

$$X_{6475}=X_{7586}+X_{7581};$$

$$X_{6374}=X_{7485}+X_{7481};$$

$$X_{6273}=X_{7384}+X_{7381};$$

$$X_{6172}=X_{7283}+X_{7281};$$

$$X_{6171}+X_{6271}+X_{6371}+X_{6471}+X_{6571}+X_{6771}=X_{7182}+X_{7181};$$

$$X_{7889}=X_{89910}+X_{8991};$$

$$X_{7687}=X_{8798}+X_{8791};$$

$$X_{7586}=X_{8697}+X_{8691};$$

$$X_{7485}=X_{8596}+X_{8591};$$

$$X_{7384}=X_{8495}+X_{8491};$$

$$X_{7283}=X_{8394}+X_{8391};$$

$$X_{7182}=X_{8293}+X_{8291};$$

$$X_{7181}+X_{7281}+X_{7381}+X_{7481}+X_{7581}+X_{7681}+X_{7881}=X_{8192}+X_{8191};$$

$$X_{8191}+X_{8291}+X_{8391}+X_{8491}+X_{8591}+X_{8691}+X_{8791}+X_{8991}=X_{91105};$$

$$X_{8192}=X_{92105};$$

$$X_{8293}=X_{93105};$$

$$X_{8394}=X_{94105};$$

$$X_{8495}=X_{95105};$$

$$X_{8596}=X_{96105};$$

$$X_{8697}=X_{97105};$$

$$X_{8798}=X_{98105};$$

$$X_{89910}=X_{910105};$$

$$X_{910105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN(X1223);@BIN(X1221);@BIN(X2132);@BIN(X2131);
@BIN(X2334);@BIN(X2331);@BIN(X3142);@BIN(X3141);
@BIN(X3243);@BIN(X3241);@BIN(X3345);@BIN(X3441);
@BIN(X4152);@BIN(X4151);@BIN(X4253);@BIN(X4251);
@BIN(X4354);@BIN(X4351);@BIN(X4556);@BIN(X4551);
@BIN(X5162);@BIN(X5161);@BIN(X5263);@BIN(X5261);
@BIN(X5364);@BIN(X5361);@BIN(X5465);@BIN(X5461);
@BIN(X5667);@BIN(X5661);@BIN(X6172);@BIN(X6171);
@BIN(X6273);@BIN(X6271);@BIN(X6374);@BIN(X6371);
@BIN(X6475);@BIN(X6471);@BIN(X6576);@BIN(X6571);
@BIN(X6778);@BIN(X6771);@BIN(X7182);@BIN(X7181);
@BIN(X7283);@BIN(X7281);@BIN(X7384);@BIN(X7381);
@BIN(X7485);@BIN(X7481);@BIN(X7586);@BIN(X7581);
@BIN(X7687);@BIN(X7681);@BIN(X7889);@BIN(X7881);
@BIN(X8192);@BIN(X8191);@BIN(X8293);@BIN(X8291);
@BIN(X8394);@BIN(X8391);@BIN(X8495);@BIN(X8491);
@BIN(X8596);@BIN(X8591);@BIN(X8697);@BIN(X8691);
@BIN(X8798);@BIN(X8791);@BIN(X89910);@BIN(X8991);
@BIN(X91105);@BIN(X92105);@BIN(X93105);@BIN(X94105);
@BIN(X95105);@BIN(X96105);@BIN(X97105);@BIN(X98105);@BIN(X91010
5);

6. Pemodelan matematis *Antifoam inject pump*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 428 * X_{1324} + 288 * X_{1321} + 450 * X_{2132} + 407 * X_{2131} + 416 * X_{2435} + \\ & 220 * X_{2431} + 450 * X_{3142} + 407 * X_{3141} + 369 * X_{3243} + 350 * X_{3241} + \\ & 403 * X_{3546} + 146 * X_{3541} + 450 * X_{4152} + 407 * X_{4151} + 369 * X_{4253} + \\ & 350 * X_{4251} + 428 * X_{4354} + 288 * X_{4351} + 315 * X_{4657} + 65 * X_{4651} + 450 * X_{5162} \\ & + 407 * X_{5161} + 369 * X_{5263} + 350 * X_{5261} + 428 * X_{5364} + 288 * X_{5361} + \\ & 416 * X_{5465} + 220 * X_{5461} + 376 * X_{5768} + (-24) * X_{5761} + 450 * X_{6172} + \\ & 407 * X_{6171} + 369 * X_{6273} + 350 * X_{6271} + 428 * X_{6374} + 288 * X_{6371} + \\ & 416 * X_{6475} + 220 * X_{6471} + 403 * X_{6576} + 146 * X_{6571} + 360 * X_{6879} + \\ & (-121) * X_{6871} + 450 * X_{7182} + 407 * X_{7181} + 369 * X_{7283} + 350 * X_{7281} + \\ & 428 * X_{7384} + 288 * X_{7381} + 416 * X_{7485} + 220 * X_{7481} + 403 * X_{7586} + \\ & 146 * X_{7581} + 315 * X_{7687} + 65 * X_{7681} + 345 * X_{79810} + (-227) * X_{7981} + \\ & 1840 * X_{8192} + 1854 * X_{8191} + 1697 * X_{8293} + 1797 * X_{8291} + 1688 * X_{8394} + \\ & 1735 * X_{8391} + 1602 * X_{8495} + 1667 * X_{8491} + 1508 * X_{8596} + 1593 * X_{8591} + \\ & 1331 * X_{8697} + 1512 * X_{8691} + 1295 * X_{8798} + 1423 * X_{8791} + 899 * X_{810911} + \\ & 1104 * X_{8991}; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1324} + X_{1321} &= 1; \\ X_{1324} &= X_{2435} + X_{2431}; \\ X_{1321} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2435} &= X_{3546} + X_{3541}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2431} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3546} &= X_{4657} + X_{4651}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3541} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4657} &= X_{5768} + X_{5761}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{4253} = X_{5364} + X_{5361}; \\
& X_{4152} = X_{5263} + X_{5261}; \\
& X_{4151} + X_{4251} + X_{4351} + X_{4651} = X_{5162} + X_{5161}; \\
& X_{5768} = X_{6879} + X_{6871}; \\
& X_{5465} = X_{6576} + X_{6571}; \\
& X_{5364} = X_{6475} + X_{6471}; \\
& X_{5263} = X_{6374} + X_{6371}; \\
& X_{5162} = X_{6273} + X_{6271}; \\
& X_{5161} + X_{5261} + X_{5361} + X_{5461} + X_{5761} = X_{6172} + X_{6171}; \\
& X_{6879} = X_{78810} + X_{7981}; \\
& X_{6576} = X_{7687} + X_{7681}; \\
& X_{6475} = X_{7586} + X_{7581}; \\
& X_{6374} = X_{7485} + X_{7481}; \\
& X_{6273} = X_{7384} + X_{7381}; \\
& X_{6172} = X_{7283} + X_{7281}; \\
& X_{6171} + X_{6271} + X_{6371} + X_{6471} + X_{6571} + X_{6871} = X_{7182} + X_{7181}; \\
& X_{79810} = X_{810911} + X_{81091}; \\
& X_{7687} = X_{8798} + X_{8791}; \\
& X_{7586} = X_{8697} + X_{8691}; \\
& X_{7485} = X_{8596} + X_{8591}; \\
& X_{7384} = X_{8495} + X_{8491}; \\
& X_{7283} = X_{8394} + X_{8391}; \\
& X_{7182} = X_{8293} + X_{8291}; \\
& X_{7181} + X_{7281} + X_{7381} + X_{7481} + X_{7581} + X_{7681} + X_{7981} = X_{8192} + X_{8191}; \\
& X_{8191} + X_{8291} + X_{8391} + X_{8491} + X_{8591} + X_{8691} + X_{8791} + X_{81091} = X_{91105}; \\
& X_{8192} = X_{92105}; \\
& X_{8293} = X_{93105}; \\
& X_{8394} = X_{94105}; \\
& X_{8495} = X_{95105}; \\
& X_{8596} = X_{96105}; \\
& X_{8697} = X_{97105}; \\
& X_{8798} = X_{98105};
\end{aligned}$$

$$X_{810911}=X_{911105};$$

$$X_{911105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN (X1324) ; @BIN (X1321) ; @BIN (X2132) ; @BIN (X2131) ;
@BIN (X2435) ; @BIN (X2431) ; @BIN (X3142) ; @BIN (X3141) ;
@BIN (X3243) ; @BIN (X3241) ; @BIN (X3546) ; @BIN (X3541) ;
@BIN (X4152) ; @BIN (X4151) ; @BIN (X4253) ; @BIN (X4251) ;
@BIN (X4354) ; @BIN (X4351) ; @BIN (X4657) ; @BIN (X4651) ;
@BIN (X5161) ; @BIN (X5162) ; @BIN (X5263) ; @BIN (X5261) ;
@BIN (X5364) ; @BIN (X5361) ; @BIN (X5465) ; @BIN (X5461) ;
@BIN (X5768) ; @BIN (X5761) ; @BIN (X6171) ; @BIN (X6172) ;
@BIN (X6273) ; @BIN (X6271) ; @BIN (X6374) ; @BIN (X6371) ;
@BIN (X6475) ; @BIN (X6471) ; @BIN (X6576) ; @BIN (X6571) ;
@BIN (X6879) ; @BIN (X6871) ; @BIN (X7181) ; @BIN (X7182) ;
@BIN (X7283) ; @BIN (X7281) ; @BIN (X7384) ; @BIN (X7381) ;
@BIN (X7485) ; @BIN (X7481) ; @BIN (X7586) ; @BIN (X7581) ;
@BIN (X7687) ; @BIN (X7681) ; @BIN (X79810) ; @BIN (X7981) ;
@BIN (X8192) ; @BIN (X8191) ; @BIN (X8293) ; @BIN (X8291) ;
@BIN (X8394) ; @BIN (X8391) ; @BIN (X8495) ; @BIN (X8491) ;
@BIN (X8596) ; @BIN (X8591) ; @BIN (X8697) ; @BIN (X8691) ;
@BIN (X8798) ; @BIN (X8791) ; @BIN (X8991) ; @BIN (X810911) ; @BIN (X81091) ;
@BIN (X91105) ; @BIN (X92105) ; @BIN (X93105) ; @BIN (X94105) ;
@BIN (X95105) ; @BIN (X96105) ; @BIN (X97105) ; @BIN (X98105) ; @BIN (X91110
5) ;

7. Pemodelan matematis *Brine heater*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 711 * X_{1324} + 457 * X_{1321} + 600 * X_{2132} + 576 * X_{2131} + 505 * X_{2435} + \\ & 389 * X_{2431} + 600 * X_{3142} + 576 * X_{3141} + 51 * X_{3243} + 519 * X_{3241} + 469 * X_{3546} \\ & + 315 * X_{3541} + 600 * X_{4152} + 576 * X_{4151} + 51 * X_{4253} + 519 * X_{4251} + \\ & 711 * X_{4354} + 457 * X_{4351} + 133 * X_{4657} + 234 * X_{4651} + 600 * X_{5162} + \\ & 576 * X_{5161} + 51 * X_{5263} + 519 * X_{5261} + 711 * X_{5364} + 457 * X_{5361} + 505 * X_{5465} \\ & + 389 * X_{5461} + 169 * X_{5768} + 145 * X_{5761} + 600 * X_{6172} + 576 * X_{6171} + \\ & 51 * X_{6273} + 519 * X_{6271} + 711 * X_{6374} + 457 * X_{6371} + 505 * X_{6475} + 389 * X_{6471} \\ & + 469 * X_{6576} + 315 * X_{6571} + 352 * X_{6879} + 48 * X_{6871} + 600 * X_{7182} + \\ & 576 * X_{7181} + 51 * X_{7283} + 519 * X_{7281} + 711 * X_{7384} + 457 * X_{7381} + 505 * X_{7485} \\ & + 389 * X_{7481} + 469 * X_{7586} + 315 * X_{7581} + 133 * X_{7687} + 234 * X_{7681} + \\ & 541 * X_{79810} + (-58) * X_{7981} + 10490 * X_{8192} + 10523 * X_{8191} + 9879 * X_{8293} + \\ & 10466 * X_{8291} + 10471 * X_{8394} + 10404 * X_{8391} + 10191 * X_{8495} + \\ & 10336 * X_{8491} + 10074 * X_{8596} + 10262 * X_{8591} + 9649 * X_{8697} + 10181 * X_{8691} \\ & + 9544 * X_{8798} + 10092 * X_{8791} + 9338 * X_{810911} + 9773 * X_{8991}; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1324} + X_{1321} &= 1; \\ X_{1324} &= X_{2435} + X_{2431}; \\ X_{1321} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2435} &= X_{3546} + X_{3541}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2431} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3546} &= X_{4657} + X_{4651}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3541} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4657} &= X_{5768} + X_{5761}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{4253} = X_{5364} + X_{5361}; \\
& X_{4152} = X_{5263} + X_{5261}; \\
& X_{4151} + X_{4251} + X_{4351} + X_{4651} = X_{5162} + X_{5161}; \\
& X_{5768} = X_{6879} + X_{6871}; \\
& X_{5465} = X_{6576} + X_{6571}; \\
& X_{5364} = X_{6475} + X_{6471}; \\
& X_{5263} = X_{6374} + X_{6371}; \\
& X_{5162} = X_{6273} + X_{6271}; \\
& X_{5161} + X_{5261} + X_{5361} + X_{5461} + X_{5761} = X_{6172} + X_{6171}; \\
& X_{6879} = X_{78810} + X_{7981}; \\
& X_{6576} = X_{7687} + X_{7681}; \\
& X_{6475} = X_{7586} + X_{7581}; \\
& X_{6374} = X_{7485} + X_{7481}; \\
& X_{6273} = X_{7384} + X_{7381}; \\
& X_{6172} = X_{7283} + X_{7281}; \\
& X_{6171} + X_{6271} + X_{6371} + X_{6471} + X_{6571} + X_{6871} = X_{7182} + X_{7181}; \\
& X_{79810} = X_{810911} + X_{81091}; \\
& X_{7687} = X_{8798} + X_{8791}; \\
& X_{7586} = X_{8697} + X_{8691}; \\
& X_{7485} = X_{8596} + X_{8591}; \\
& X_{7384} = X_{8495} + X_{8491}; \\
& X_{7283} = X_{8394} + X_{8391}; \\
& X_{7182} = X_{8293} + X_{8291}; \\
& X_{7181} + X_{7281} + X_{7381} + X_{7481} + X_{7581} + X_{7681} + X_{7981} = X_{8192} + X_{8191}; \\
& X_{8191} + X_{8291} + X_{8391} + X_{8491} + X_{8591} + X_{8691} + X_{8791} + X_{81091} = X_{91105}; \\
& X_{8192} = X_{92105}; \\
& X_{8293} = X_{93105}; \\
& X_{8394} = X_{94105}; \\
& X_{8495} = X_{95105}; \\
& X_{8596} = X_{96105}; \\
& X_{8697} = X_{97105}; \\
& X_{8798} = X_{98105};
\end{aligned}$$

$$X_{810911}=X_{911105};$$

$$X_{911105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN (X1324) ;@BIN (X1321) ;@BIN (X2132) ;@BIN (X2131) ;
@BIN (X2435) ;@BIN (X2431) ;@BIN (X3142) ;@BIN (X3141) ;
@BIN (X3243) ;@BIN (X3241) ;@BIN (X3546) ;@BIN (X3541) ;
@BIN (X4152) ;@BIN (X4151) ;@BIN (X4253) ;@BIN (X4251) ;
@BIN (X4354) ;@BIN (X4351) ;@BIN (X4657) ;@BIN (X4651) ;
@BIN (X5161) ;@BIN (X5162) ;@BIN (X5263) ;@BIN (X5261) ;
@BIN (X5364) ;@BIN (X5361) ;@BIN (X5465) ;@BIN (X5461) ;
@BIN (X5768) ;@BIN (X5761) ;@BIN (X6171) ;@BIN (X6172) ;
@BIN (X6273) ;@BIN (X6271) ;@BIN (X6374) ;@BIN (X6371) ;
@BIN (X6475) ;@BIN (X6471) ;@BIN (X6576) ;@BIN (X6571) ;
@BIN (X6879) ;@BIN (X6871) ;@BIN (X7181) ;@BIN (X7182) ;
@BIN (X7283) ;@BIN (X7281) ;@BIN (X7384) ;@BIN (X7381) ;
@BIN (X7485) ;@BIN (X7481) ;@BIN (X7586) ;@BIN (X7581) ;
@BIN (X7687) ;@BIN (X7681) ;@BIN (X79810) ;@BIN (X7981) ;
@BIN (X8192) ;@BIN (X8191) ;@BIN (X8293) ;@BIN (X8291) ;
@BIN (X8394) ;@BIN (X8391) ;@BIN (X8495) ;@BIN (X8491) ;
@BIN (X8596) ;@BIN (X8591) ;@BIN (X8697) ;@BIN (X8691) ;
@BIN (X8798) ;@BIN (X8791) ;@BIN (X8991) ;@BIN (X810911) ;@BIN (X81091) ;
@BIN (X91105) ;@BIN (X92105) ;@BIN (X93105) ;@BIN (X94105) ;
@BIN (X95105) ;@BIN (X96105) ;@BIN (X97105) ;@BIN (X98105) ;@BIN (X91110
5) ;

8. Pemodelan matematis *Caustic pump*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 908 * X_{1122} + 310 * X_{1121} + 908 * X_{2132} + 310 * X_{2131} + 881 * X_{2233} + \\ & 277 * X_{2231} + 908 * X_{3142} + 310 * X_{3141} + 881 * X_{3243} + 277 * X_{3241} + \\ & 853 * X_{3344} + 240 * X_{3341} + 908 * X_{4152} + 310 * X_{4151} + 881 * X_{4253} + \\ & 277 * X_{4251} + 853 * X_{4354} + 240 * X_{4351} + 175 * X_{4455} + 199 * X_{4451} + \\ & 908 * X_{5162} + 310 * X_{5161} + 881 * X_{5263} + 277 * X_{5261} + 853 * X_{5364} + \\ & 240 * X_{5361} + 175 * X_{5465} + 199 * X_{5461} + 793 * X_{5566} + 154 * X_{5561} + \\ & 908 * X_{6172} + 310 * X_{6171} + 881 * X_{6273} + 277 * X_{6271} + 853 * X_{6374} + \\ & 240 * X_{6371} + 175 * X_{6475} + 199 * X_{6471} + 793 * X_{6576} + 154 * X_{6571} + \\ & 21 * X_{6677} + 105 * X_{6671} + 908 * X_{7182} + 310 * X_{7181} + 881 * X_{7283} + \\ & 277 * X_{7281} + 853 * X_{7384} + 240 * X_{7381} + 175 * X_{7485} + 199 * X_{7481} + \\ & 793 * X_{7586} + 154 * X_{7581} + 21 * X_{7687} + 105 * X_{7681} + 229 * X_{7788} + 51 * X_{7781} \\ & + 8345 * X_{8192} + 7780 * X_{8191} + 8281 * X_{8293} + 7747 * X_{8291} + 8212 * X_{8394} \\ & + 7710 * X_{8391} + 7489 * X_{8495} + 7669 * X_{8491} + 8058 * X_{8596} + 7624 * X_{8591} + \\ & 7232 * X_{8697} + 7575 * X_{8691} + 7380 * X_{8798} + 7521 * X_{8791} + 7068 * X_{8899} \\ & + 7461 * X_{8891} ; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1122} + X_{1121} &= 1; \\ X_{1122} &= X_{2233} + X_{2231}; \\ X_{1121} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2233} &= X_{3344} + X_{3341}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2231} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3344} &= X_{4455} + X_{4451}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3341} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4455} &= X_{5566} + X_{5561}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{4253} = X_{5364} + X_{5361}; \\
& X_{4152} = X_{5263} + X_{5261}; \\
& X_{4151} + X_{4251} + X_{4351} + X_{4451} = X_{5162} + X_{5161}; \\
& X_{5566} = X_{6677} + X_{6671}; \\
& X_{5465} = X_{6576} + X_{6571}; \\
& X_{5364} = X_{6475} + X_{6471}; \\
& X_{5263} = X_{6374} + X_{6371}; \\
& X_{5162} = X_{6273} + X_{6271}; \\
& X_{5161} + X_{5261} + X_{5361} + X_{5461} + X_{5561} = X_{6172} + X_{6171}; \\
& X_{6677} = X_{7788} + X_{7781}; \\
& X_{6576} = X_{7687} + X_{7681}; \\
& X_{6475} = X_{7586} + X_{7581}; \\
& X_{6374} = X_{7485} + X_{7481}; \\
& X_{6273} = X_{7384} + X_{7381}; \\
& X_{6172} = X_{7283} + X_{7281}; \\
& X_{6171} + X_{6271} + X_{6371} + X_{6471} + X_{6571} + X_{6671} = X_{7182} + X_{7181}; \\
& X_{7788} = X_{8899} + X_{8891}; \\
& X_{7687} = X_{8798} + X_{8791}; \\
& X_{7586} = X_{8697} + X_{8691}; \\
& X_{7485} = X_{8596} + X_{8591}; \\
& X_{7384} = X_{8495} + X_{8491}; \\
& X_{7283} = X_{8394} + X_{8391}; \\
& X_{7182} = X_{8293} + X_{8291}; \\
& X_{7181} + X_{7281} + X_{7381} + X_{7481} + X_{7581} + X_{7681} + X_{7781} = X_{8192} + X_{8191}; \\
& X_{8191} + X_{8291} + X_{8391} + X_{8491} + X_{8591} + X_{8691} + X_{8791} + X_{8891} = X_{91105}; \\
& X_{8192} = X_{92105}; \\
& X_{8293} = X_{93105}; \\
& X_{8394} = X_{94105}; \\
& X_{8495} = X_{95105}; \\
& X_{8596} = X_{96105}; \\
& X_{8697} = X_{97105}; \\
& X_{8798} = X_{98105};
\end{aligned}$$

$$X_{8899}=X_{99105};$$

$$X_{99105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN (X1122) ; @BIN (X1121) ; @BIN (X2132) ; @BIN (X2131) ;
@BIN (X2233) ; @BIN (X2231) ; @BIN (X3142) ; @BIN (X3141) ;
@BIN (X3243) ; @BIN (X3241) ; @BIN (X3344) ; @BIN (X3341) ;
@BIN (X4152) ; @BIN (X4151) ; @BIN (X4253) ; @BIN (X4251) ;
@BIN (X4354) ; @BIN (X4351) ; @BIN (X4455) ; @BIN (X4451) ;
@BIN (X5162) ; @BIN (X5161) ; @BIN (X5263) ; @BIN (X5261) ;
@BIN (X5364) ; @BIN (X5361) ; @BIN (X5465) ; @BIN (X5461) ;
@BIN (X5566) ; @BIN (X5561) ; @BIN (X6172) ; @BIN (X6171) ;
@BIN (X6273) ; @BIN (X6271) ; @BIN (X6374) ; @BIN (X6371) ;
@BIN (X6475) ; @BIN (X6471) ; @BIN (X6576) ; @BIN (X6571) ;
@BIN (X6677) ; @BIN (X6671) ; @BIN (X7182) ; @BIN (X7181) ;
@BIN (X7283) ; @BIN (X7281) ; @BIN (X7384) ; @BIN (X7381) ;
@BIN (X7485) ; @BIN (X7481) ; @BIN (X7586) ; @BIN (X7581) ;
@BIN (X7687) ; @BIN (X7681) ; @BIN (X7788) ; @BIN (X7781) ;
@BIN (X8192) ; @BIN (X8191) ; @BIN (X8293) ; @BIN (X8291) ;
@BIN (X8394) ; @BIN (X8391) ; @BIN (X8495) ; @BIN (X8491) ;
@BIN (X8596) ; @BIN (X8591) ; @BIN (X8697) ; @BIN (X8691) ;
@BIN (X8798) ; @BIN (X8791) ; @BIN (X8899) ; @BIN (X8891) ;
@BIN (X91105) ; @BIN (X92105) ; @BIN (X93105) ; @BIN (X94105) ;
@BIN (X95105) ; @BIN (X96105) ; @BIN (X97105) ; @BIN (X98105) ; @BIN (X99105
);

9. Pemodelan matematis *Distilate pump*

Fungsi Tujuan

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 547*X_{1526} + (-710)*X_{1521} + 831*X_{2132} + (-651)*X_{2131} + 728*X_{2637} + \\ & (-731)*X_{2631} + 831*X_{3142} + (-651)*X_{3141} + 812*X_{3243} + (-662)*X_{3241} + \\ & 701*X_{3748} + (-754)*X_{3741} + 831*X_{4152} + (-651)*X_{4151} + 812*X_{4253} + \\ & (-662)*X_{4251} + 792*X_{4354} + (-675)*X_{4351} + 681*X_{4859} + (-781)*X_{4851} + \\ & 831*X_{5162} + (-651)*X_{5161} + 812*X_{5263} + (-662)*X_{5261} + 792*X_{5364} + \\ & (-675)*X_{5361} + 773*X_{5465} + (-710)*X_{5461} + 655*X_{59610} + (-811)*X_{5961} + \\ & 831*X_{6172} + (-651)*X_{6171} + 812*X_{6273} + (-662)*X_{6271} + 792*X_{6374} + \\ & (-675)*X_{6371} + 773*X_{6475} + (-691)*X_{6471} + 547*X_{6576} + (-710)*X_{6571} + \\ & 422*X_{610711} + (-844)*X_{61071} + 831*X_{7182} + (-651)*X_{7181} + (812)*X_{7283} \\ & + (-662)*X_{7281} + 792*X_{7384} + (-675)*X_{7381} + 773*X_{7485} + (-691)*X_{7481} \\ & + 547*X_{7586} + (-710)*X_{7581} + 728*X_{7687} + (-731)*X_{7681} + 595*X_{711812} \\ & + (-881)*X_{71181} + 2320*X_{8192} + 849*X_{8191} + 2288*X_{8293} + 838*X_{8291} \\ & + 2252*X_{8394} + 825*X_{8391} + 2214*X_{8495} + 809*X_{8491} + 1967*X_{8596} + \\ & 790*X_{8591} + 2125*X_{8697} + 769*X_{8691} + 2071*X_{8798} + 746*X_{8791} + \\ & 1753*X_{812913} + 579*X_{81291}; \end{aligned}$$

Fungsi Kendala

$$\begin{aligned} X_{1526} + X_{1521} &= 1; \\ X_{1526} &= X_{2637} + X_{2631}; \\ X_{1521} &= X_{2132} + X_{2131}; \\ X_{2637} &= X_{3748} + X_{3741}; \\ X_{2132} &= X_{3243} + X_{3241}; \\ X_{2131} + X_{2631} &= X_{3142} + X_{3141}; \\ X_{3748} &= X_{4859} + X_{4851}; \\ X_{3243} &= X_{4354} + X_{4351}; \\ X_{3142} &= X_{4253} + X_{4251}; \\ X_{3141} + X_{3241} + X_{3741} &= X_{4152} + X_{4151}; \\ X_{4859} &= X_{59610} + X_{5961}; \\ X_{4354} &= X_{5465} + X_{5461}; \\ X_{4253} &= X_{5364} + X_{5361}; \\ X_{4152} &= X_{5263} + X_{5261}; \end{aligned}$$

$$X_{4151}+X_{4251}+X_{4351}+X_{4851}=X_{5162}+X_{5161};$$

$$X_{59610}=X_{610711}+X_{61071};$$

$$X_{5465}=X_{6576}+X_{6571};$$

$$X_{5364}=X_{6475}+X_{6471};$$

$$X_{5263}=X_{6374}+X_{6371};$$

$$X_{5162}=X_{6273}+X_{6271};$$

$$X_{5161}+X_{5261}+X_{5361}+X_{5461}+X_{5961}=X_{6172}+X_{6171};$$

$$X_{610711}=X_{711812}+X_{71181};$$

$$X_{6576}=X_{7687}+X_{7681};$$

$$X_{6475}=X_{7586}+X_{7581};$$

$$X_{6374}=X_{7485}+X_{7481};$$

$$X_{6273}=X_{7384}+X_{7381};$$

$$X_{6172}=X_{7283}+X_{7281};$$

$$X_{6171}+X_{6271}+X_{6371}+X_{6471}+X_{6571}+X_{61071}=X_{7182}+X_{7181};$$

$$X_{711812}=X_{812913}+X_{81291};$$

$$X_{7687}=X_{8798}+X_{8791};$$

$$X_{7586}=X_{8697}+X_{8691};$$

$$X_{7485}=X_{8596}+X_{8591};$$

$$X_{7384}=X_{8495}+X_{8491};$$

$$X_{7283}=X_{8394}+X_{8391};$$

$$X_{7182}=X_{8293}+X_{8291};$$

$$X_{7181}+X_{7281}+X_{7381}+X_{7481}+X_{7581}+X_{7681}+X_{71181}=X_{8192}+X_{8191};$$

$$X_{8191}+X_{8291}+X_{8391}+X_{8491}+X_{8591}+X_{8691}+X_{8791}+X_{81291}=X_{91105};$$

$$X_{8192}=X_{92105};$$

$$X_{8293}=X_{93105};$$

$$X_{8394}=X_{94105};$$

$$X_{8495}=X_{95105};$$

$$X_{8596}=X_{96105};$$

$$X_{8697}=X_{97105};$$

$$X_{8798}=X_{98105};$$

$$X_{812913}=X_{913105};$$

$$X_{913105}+X_{98105}+X_{97105}+X_{96105}+X_{95105}+X_{94105}+X_{93105}+X_{92105}+X_{91105}=1;$$

Fungsi Pembatas Biner

@BIN (X1526) ;@BIN (X1521) ;@BIN (X2132) ;@BIN (X2131) ;
@BIN (X2637) ;@BIN (X2631) ;@BIN (X3142) ;@BIN (X3141) ;
@BIN (X3243) ;@BIN (X3241) ;@BIN (X3748) ;@BIN (X3741) ;
@BIN (X4152) ;@BIN (X4151) ;@BIN (X4253) ;@BIN (X4251) ;
@BIN (X4354) ;@BIN (X4351) ;@BIN (X4859) ;@BIN (X4851) ;
@BIN (X5161) ;@BIN (X5162) ;@BIN (X5263) ;@BIN (X5261) ;
@BIN (X5364) ;@BIN (X5361) ;@BIN (X5465) ;@BIN (X5461) ;
@BIN (X59610) ;@BIN (X5961) ;@BIN (X6172) ;@BIN (X6171) ;
@BIN (X6273) ;@BIN (X6271) ;@BIN (X6374) ;@BIN (X6371) ;
@BIN (X6475) ;@BIN (X6471) ;@BIN (X6576) ;@BIN (X6571) ;
@BIN (X610711) ;@BIN (X61071) ;@BIN (X7181) ;@BIN (X7182) ;
@BIN (X7283) ;@BIN (X7281) ;@BIN (X7384) ;@BIN (X7381) ;
@BIN (X7485) ;@BIN (X7481) ;@BIN (X7586) ;@BIN (X7581) ;
@BIN (X7687) ;@BIN (X7681) ;@BIN (X711812) ;@BIN (X71181) ;
@BIN (X8192) ;@BIN (X8191) ;@BIN (X8293) ;@BIN (X8291) ;
@BIN (X8394) ;@BIN (X8391) ;@BIN (X8495) ;@BIN (X8491) ;
@BIN (X8596) ;@BIN (X8591) ;@BIN (X8697) ;@BIN (X8691) ;
@BIN (X8798) ;@BIN (X8791) ;@BIN (X812913) ;@BIN (X81291) ;
@BIN (X91105) ;@BIN (X92105) ;@BIN (X93105) ;@BIN (X94105) ;
@BIN (X95105) ;@BIN (X96105) ;@BIN (X97105) ;@BIN (X98105) ;@BIN (X91310
5) ;

LAMPIRAN 5

1. Model penggantian peralatan *Ejector*

Peralatan *ejector* sudah dipakai selama 1 (satu) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 1.500 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 267 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 580 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 1 tahun ($n=1$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 264 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 249 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 1 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 1.470 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 41. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 54. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.1.

Tabel L5.1 Hasil analisa untuk *Ejector*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1122	1.000000
2	X2233	1.000000
3	X3344	1.000000
4	X4455	1.000000
5	X5566	1.000000
6	X6677	1.000000
7	X7788	1.000000
8	X8899	1.000000
9	X99105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 41 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana ditampilkan pada Tabel. L5.1 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 1 (satu) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali hingga awal tahun ke sembilan, sehingga umur peralatan pada tahun kesembilan akan berumur 9 (sembilan) tahun.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 896 rupiah.

2. Model penggantian peralatan *antiscale pump*

Peralatan *antiscale pump* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 1.500 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 534 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 413 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 2 tahun ($n=2$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 496 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 464 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 2 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 975 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 42. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 55. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.2.

Tabel L5.2 Hasil analisa untuk *Antiscale pump*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1223	1.000000
2	X2234	1.000000
3	X3445	1.000000
4	X4551	1.000000
5	X5162	1.000000
6	X6273	1.000000
7	X7384	1.000000
8	X8495	1.000000
9	X95105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 42 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana di tampilkan pada Tabel. L5.2 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 2 (dua) tahun sampai tahun keempat keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, sehingga umur peralatan pada akhir tahun keempat akan berumur 5 (lima) tahun. Kemudian di akhir tahun keempat ketika peralatan berumur 5 (lima) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus diganti, sehingga umur peralatan 1 (satu) tahun dimulai pada tahun kelima. Selanjutnya di akhir tahun kelima keputusan hingga tahun kesembilan keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, sehingga umur peralatan pada akhir tahun kesembilan akan berumur 5 (lima) tahun.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan dan mengganti dengan keuntungan sebesar 2.174 rupiah.

3. Model penggantian peralatan *condensate pump*

Peralatan *condensate pump* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 3.000 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 1.068 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 619 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 2 tahun ($n=2$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 991 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 696 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 2 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 1.975 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 43. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 58. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.3 berikut.

Tabel L5.3 Hasil analisa untuk *Condensate pump*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1223	1.000000
2	X2334	1.000000
3	X3445	1.000000
4	X4556	1.000000
5	X5667	1.000000
6	X6778	1.000000
7	X7889	1.000000
8	X89910	1.000000
9	X910105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 43 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana ditampilkan pada Tabel. L5.3 yaitu tahun pertama

untuk peralatan yang berumur 2 (dua) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali hingga awal tahun ke sembilan, sehingga umur peralatan pada tahun kesembilan akan berumur 10 (sepuluh) tahun.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 6065 rupiah.

4. Model penggantian peralatan *demin water pump*

Peralatan *demin water pump* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 800 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 180 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 261 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 2 tahun ($n=2$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 180 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 164 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 2 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 575 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 44. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 60. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.4 berikut.

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 44 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana di tampilkan pada Tabel. L5.4 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 2 (dua) tahun sampai tahun keempat keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, sehingga umur peralatan pada akhir tahun keempat akan berumur 5 (lima) tahun. Kemudian di akhir tahun keempat ketika peralatan berumur 5 (lima) tahun menunjukkan bahwa peralatan

harus diganti, sehingga umur peralatan 1 (satu) tahun dimulai pada tahun kelima. Selanjutnya di akhir tahun kelima keputusan hingga tahun kesembilan keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, sehingga umur peralatan pada akhir tahun kesembilan akan berumur 5 (lima) tahun.

Tabel L5.4 Hasil analisa untuk *Demin water pump*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1223	1.000000
2	X2334	1.000000
3	X3445	1.000000
4	X4551	1.000000
5	X5162	1.000000
6	X6273	1.000000
7	X7384	1.000000
8	X8495	1.000000
9	X95105	1.000000

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, mempertahankan, dan mengganti dengan keuntungan sebesar 137 rupiah.

5. Model penggantian peralatan *Mixed bed air blower*

Peralatan *mixed bed air blower* sudah dipakai selama 2 (dua) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 860 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 240 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 444 rupiah

per tahun. Peralatan yang berumur 2 tahun ($n=2$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 240 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 144 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 2 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 600 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 45. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 62. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.5 berikut.

Tabel L5.5 Hasil analisa untuk *Mixed bed air blower*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1223	1.000000
2	X2334	1.000000
3	X3445	1.000000
4	X4556	1.000000
5	X5667	1.000000
6	X6778	1.000000
7	X7889	1.000000
8	X89910	1.000000
9	X910105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 45 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana ditampilkan pada Tabel. L5.5 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 2 (dua) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali hingga awal tahun ke sembilan, sehingga umur peralatan pada tahun kesembilan akan berumur 10 (sepuluh) tahun.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 772 rupiah.

6. Model penggantian peralatan *antifoam pump*

Peralatan *antifoam pump* sudah dipakai selama 3 (tiga) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 1.500 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 605 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 145 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 3 tahun ($n=3$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 586 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 159 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 3 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 1.328 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 46. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 64. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.6 berikut.

Tabel L5.6 Hasil analisa untuk *Antifoam pump*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1321	1.000000
2	X2131	1.000000
3	X3141	1.000000
4	X4151	1.000000
5	X5161	1.000000
6	X6171	1.000000
7	X7181	1.000000
8	X8191	1.000000
9	X91105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 46 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana di tampilkan pada Tabel. L5.6 yaitu tahun pertama

untuk peralatan yang berumur 3 (tiga) tahun sampai tahun kesembilan keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus diganti, sehingga umur peralatan hanya bertahan 1 (satu) tahun.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama adalah mengganti untuk setiap tahun nya dengan keuntungan sebesar 5.688 rupiah.

7. Model penggantian peralatan *brine heater*

Peralatan *brine heater* sudah dipakai selama 3 (tiga) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 10.000 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 1.210 rupiah (disajikan dalam jutaan rupiah) per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 581 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 3 tahun ($n=3$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 1.345 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 634 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 3 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 9.828 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 47. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 66. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.7 berikut.

Tabel L5.7 Hasil analisa untuk *Brine heater*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1324	1.000000
2	X2431	1.000000
3	X3141	1.000000
4	X4151	1.000000
5	X5161	1.000000
6	X6171	1.000000
7	X7181	1.000000
8	X8191	1.000000
9	X91105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 47 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana di tampilkan pada Tabel. L5.7 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 3 (tiga) tahun keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, sehingga umur peralatan pada akhir tahun kedua akan berumur 4 (empat) tahun. Kemudian di awal tahun ketiga sampai tahun kesembilan peralatan harus diganti setiap tahunnya.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mengganti, mengganti, mengganti, mengganti, mengganti, mengganti dan mengganti dengan keuntungan sebesar 24.276 rupiah.

8. Model penggantian peralatan *blowdown pump*

Peralatan *blowdown pump* sudah dipakai selama 1 (satu) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 7.500 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 1.335

rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 995 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 1 tahun ($n=1$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 1.323 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 415 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 1 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 7.470 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 48. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 68. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.8 berikut.

Tabel L5.8 Hasil analisa untuk *blowdown pump*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1122	1.000000
2	X2233	1.000000
3	X3341	1.000000
4	X4152	1.000000
5	X5263	1.000000
6	X6371	1.000000
7	X7182	1.000000
8	X8293	1.000000
9	X93105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 48 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana di tampilkan pada Tabel. L5.8 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 1 (satu) tahun sampai tahun kedua keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, sehingga umur peralatan pada akhir tahun ketiga akan berumur 3 (tiga) tahun. Kemudian di akhir tahun ketiga ketika peralatan berumur 3 (tiga) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus diganti, sehingga umur peralatan 1 (satu) tahun dimulai pada tahun keempat. Selanjutnya di akhir tahun keempat keputusan hingga tahun keenam keputusan menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali, 1 (satu) tahun dimulai pada tahun ketujuh. Kemudian peralatan digunakan kembali hingga tahun ke Sembilan.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama adalah: mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, mengganti, mempertahankan, mempertahankan, dan mengganti dengan keuntungan sebesar 13.247 rupiah.

9. Model penggantian peralatan *distillate pump*

Peralatan *distillate pump* sudah dipakai selama 5 (lima) tahun saat sekarang, peralatan ini dapat dipakai atau dijual dan diganti dengan peralatan baru. Harga peralatan baru (I) diperkirakan 3.000 rupiah. Pemilihan mengganti atau tetap mempertahankan peralatan yang sedang dipakai akan menimbulkan biaya yang perlu ditentukan terlebih dahulu. Peralatan direncanakan masih dibutuhkan untuk 10 (sepuluh) tahun mendatang.

Dari tabel dapat dilihat bahwa ketika peralatan masih baru ($n=0$), pemasukan yang dapat dihasilkan dengan memanfaatkan peralatan adalah 1.024 rupiah per tahun. Biaya operasi dan perawatan yang akan timbul adalah 225 rupiah per tahun. Peralatan yang berumur 5 tahun ($n=5$) akan menghasilkan pemasukan sebesar 1.008 rupiah per tahun dengan biaya operasi dan perawatan sebesar 461 rupiah per tahun. Apabila peralatan yang berumur 5 tahun ini diganti, maka akan diperoleh nilai sisa sebesar 1.441 rupiah. Data serupa yang terkait dengan lama pemakaian peralatan bisa dilihat pada lampiran 1, halaman 49. Biaya mempertahankan atau mengganti peralatan untuk setiap cabang dituliskan pada lampiran 3, halaman 70. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel L5.9 berikut.

Tabel L5.9 Hasil analisa untuk *Distilate pump*

NO	VARIABLE	VALUE
1	X1526	1.000000
2	X2637	1.000000
3	X3748	1.000000
4	X4859	1.000000
5	X59610	1.000000
6	X610711	1.000000
7	X711812	1.000000
8	X8812913	1.000000
9	X913105	1.000000

Dengan menggunakan data pada lampiran 1, halaman 49 dalam formulasi matematis diperoleh rekomendasi pengambilan keputusan optimal selama 10 (sepuluh) tahun sebagaimana ditampilkan pada Tabel. L5.9 yaitu tahun pertama untuk peralatan yang berumur 5 (lima) tahun menunjukkan bahwa peralatan harus digunakan kembali hingga awal tahun ke sembilan, sehingga umur peralatan pada tahun kesembilan akan berumur 13 (tiga belas) tahun.

Dengan demikian, kebijakan optimal menentukan pengambilan keputusan mulai dari tahun pertama hingga awal tahun kesembilan adalah mempertahankan dengan keuntungan sebesar 6.082 rupiah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Dini Rahmawati dilahirkan di Bandung, tanggal 15 Oktober 1986. Penulis merupakan putri kedua dari pasangan E. Muhtarudin dan Zainab. Penulis telah menikah dengan Ajie Nurhasyim Aim dan dikaruniai seorang putra bernama Alifiandra Abrizam Ajni.

Penulis menempuh Pendidikan formal di SMU Negeri 1 Bandung pada tahun 2001-2004 dan melanjutkan D3 Teknik Kimia di Politeknik Negeri Bandung pada tahun 2004-2007, Pada awal tahun 2009 penulis mulai bekerja di PT. Indonesia Power Suralaya PGU hingga sekarang. Kemudian melanjutkan S1 Teknik Kimia di Universitas Serang Raya pada tahun 2015-2017. Pada tahun 2018 penulis berkesempatan menempuh Pendidikan S2 Teknik Mesin di ITS dengan bidang keahlian Manajemen Energi.

Untuk memudahkan dalam komunikasi terkait tesis ini dapat menghubungi email ajidiraahmawati@gmail.com.