

JRL	Vol.9	No.1	Hal. 1 - 18	Jakarta, Juni 2016	ISSN : 2085.3866 No.376/AU1/P2MBI/07/2011
-----	-------	------	-------------	-----------------------	--

PENERAPAN ANALYTIC HIERARCHY PROCESS UNTUK MENENTUKAN KOMPOSISI UNIT DESALINASI PADA DAERAH PESISIR DAN PULAU KECIL

Imam Setiadi dan Dinda Rita K. Hartaja

Pusat Teknologi Lingkungan,
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Email : imam.setiadi@bppt.go.id

Abstrak

Pemilihan komposisi unit desalinasi yang tepat dapat dilakukan dengan berbagai metoda pendekatan dan salah satu metodenya adalah *Analytic Hierarchy Process*. Dalam penentuan unit desalinasi dengan metoda AHP yang perlu diperhatikan adalah menentukan tujuan, alternatif kriteria dan perbandingan berpasangan. Penelitian untuk penetapan komposisi unit desalinasi yang tepat supaya dapat tercapai sarana penyediaan air minum yang berkelanjutan pada daerah pesisir dan pulau kecil telah dilakukan. Hasil dari penelitian adalah sebagai berikut, kebutuhan energi 50,83%, biaya operator 26,64%, biaya perawatan 14,13% dan kebutuhan bahan kimia 8,4%. Untuk alternatif komposisi unit desalinasi unit RO 10 m³/hari merupakan alternatif komposisi terbaik dengan nilai 59,61%, alternatif komposisi berikutnya adalah RO 20 m³/hari sebesar 30,40% dan alternatif terakhir untuk komposisi unit desalinasi adalah RO 120 m³/hari sebesar 09,99%

Kata kunci : Desalinasi, Komposisi Reverse Osmosis, AHP

DETERMINING THE DESALINATION UNIT COMPOSITION FOR COSTAL AREAS AND SMALL ISLANDS USE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Abstract

Selection of the appropriate composition desalination units can be done with a variety of method approaches, one of the method is the Analytic Hierarchy Process. In determining the desalination unit with AHP method to consider is setting a goal, an alternative criteria and pairwise comparison. Research for the determination of the exact composition of the desalination unit in order to achieve sustainable drinking water supply in coastal areas and small islands has been conducted. The results of the study are as follows, the energy demand of 50.83%, operator costs of 26.64%, maintenance costs of 14.13% and chemical requirement 8.4%. For an alternative composition desalination unit of RO 10 m³ / day is the best alternative composition with value of 59.61%, the composition of the next alternative is RO 20 m³/ day of 30.40% and the last alternative of the desalination unit composition is RO 120 m³/ day of 09.99%.

Key words : *Desalination, Mukti Stage Flash Composition, AHP*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Untuk masyarakat yang tinggal di daerah pesisir dan pulau-pulau kecil seperti Kepulauan Seribu, air tawar merupakan sumber air yang sangat penting. Seperti diketahui bahwa sumber air asin itu sangat melimpah dan pada kenyataannya banyak daerah pemukiman yang justru berkembang pada daerah pesisir. Dengan kondisi pemukiman daerah pesisir yang cenderung berpenduduk padat atau untuk daerah kepulauan yang sebaran penduduknya tidak merata, diperlukan sarana penyediaan air minum yang berkelanjutan. Pentingnya hal tersebut berkaitan dengan peningkatan standar hidup masyarakat setempat. Mengingat lokasi yang terpencil, yang tidak tersedianya sumber air baku tawar dan hanya tersedia air laut maka diperlukan pengolahan unit desalinasi yang didesain dengan komposisi tepat.

Teknologi yang digunakan pada penelitian ini adalah teknologi *Reverse Osmosis* yaitu menggunakan proses pemisahan garam yang terdapat pada air laut sehingga dapat menjadi air siap minum. Sedangkan komposisi unit desalinasi dibagi menjadi tiga pilihan dalam hal ini unit dengan kapasitas 10 m³/hari, 20 m³/hari dan 120 m³/hari. Hal ini berkaitan dengan biaya operasional, gaji operator, dan pengadaan suku cadang sehingga unit dapat beroperasi dengan optimal. Pemilihan komposisi unit desalinasi ini penting dilakukan untuk mendapatkan sebuah sistem yang tepat berdasarkan kondisi setempat dan jumlah penduduk yang dilayani. Proses pemilihan komposisi unit desalinasi ini

menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process*.

Penelitian yang pernah dilakukan tentang proses desalinasi dengan metode *Analytic Hierarchy Process* atau AHP adalah penelitian dengan judul Pemilihan Teknologi Desalinasi Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Zulkarnain, Adiyana, 2010). Pada penelitian tersebut topik yang menjadi masalah adalah pemilihan teknologi desalinasi seperti *Mukti Stage Flash* (MSF), *Multi Effect Distillation* (MED), *Vacuum Vapour Compression* (VVC) dan *Mukti Stage Flash* (RO). Sedangkan pada penelitian ini, permasalahan yang akan coba diselesaikan adalah pada komposisi unit desalinasi dengan sistem *Reverse Osmosis* dan bukan pada teknologinya.

Makalah ini akan membahas faktor-faktor kebutuhan bahan kimia, kebutuhan energi, biaya operator dan biaya perawatan yang memberikan pengaruh pada penentuan komposisi unit desalinasi untuk penyediaan air minum yang berkelanjutan pada daerah pesisir dan pulau kecil. Selain itu pembahasan juga akan mencakup penerapan *analytic hierarchy process* dalam menentukan komposisi unit desalinasi pada daerah pesisir dan pulau kecil ini, dapat memberikan kontribusi pada pengambilan keputusan pemilihan komposisi unit desalinasi yang tepat.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membantu pengambilan keputusan dalam menetapkan komposisi unit desalinasi yang tepat supaya sarana penyediaan air minum yang berkelanjutan pada daerah pesisir dan pulau kecil dapat tercapai dan juga untuk menerapkan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dalam menentukan komposisi unit desalinasi pada teknologi *reverse osmosis*. Sasarannya adalah memenuhi kebutuhan air minum untuk daerah – daerah yang sulit air tawar seperti daerah pesisir dan

pulau – pulau kecil.

II. METODE PENELITIAN

Metoda yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Analytic Hierarchy Process* dan untuk mendukung metoda ini diperlukan perhitungan untuk menentukan kebutuhan bahan kimia yang digunakan dalam desalinasi.

2.1 Metode *Analytic Hierarchy Process*

Metode AHP merupakan salah satu model untuk pengambilan keputusan yang dapat membantu kerangka berfikir manusia. Metode ini mula-mula dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 70-an. Dasar berpikirnya metode AHP adalah proses membentuk skor secara numerik untuk menyusun ranking setiap alternatif keputusan berbasis pada bagaimana sebaiknya alternatif itu dicocokkan dengan kriteria pembuat keputusan.

Adapun struktur hirarki AHP pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 1. berikut. AHP merupakan pendekatan dasar untuk pengambilan keputusan. Dalam proses ini pembuat keputusan menggunakan *Pairwise Comparison* yang digunakan untuk membentuk seluruh prioritas untuk mengetahui ranking dari alternatif. *The Analytical Hierarchy Process* tahun 1980. AHP merupakan alat pengambil keputusan yang menguraikan suatu permasalahan kompleks dalam struktur hirarki dengan banyak tingkatan yang terdiri dari tujuan, kriteria, dan alternatif. Peralatan utama dari model ini adalah sebuah hirarki fungsional dengan persepsi manusia sebagai input utamanya.

Aksioma-aksioma pada model AHP :

1. *Reciprocal Comparison*,

artinya pengambil keputusan harus dapat membuat perbandingan dan menyatakan preferensinya. Preferensi tersebut harus memenuhi syarat *reciprocal* yaitu kalau A lebih disukai daripada B dengan skala x , maka B lebih disukai daripada A dengan skala $1/x$.

2. *Homogeneity*,

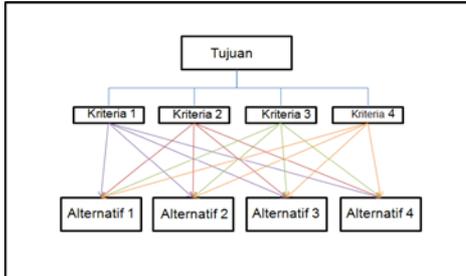
artinya preferensi seseorang harus dapat dinyatakan dalam skala terbatas atau dengan kata lain elemen-elemennya dapat dibandingkan satu sama lain. Kalau aksioma ini tidak terpenuhi maka elemen-elemen yang dibandingkan tersebut tidak *homogeneity* dan harus dibentuk suatu '*cluster*' (kelompok elemen-elemen) yang baru.

3. *Independence*,

artinya preferensi dinyatakan dengan mengasumsikan bahwa kriteria tidak dipengaruhi oleh alternatif-alternatif yang ada melainkan oleh obyektif keseluruhan. Ini menunjukkan bahwa pola ketergantungan dalam AHP adalah searah ke atas, artinya perbandingan antara elemen-elemen pada tingkat di atasnya.

4. *Expectation*,

artinya untuk tujuan pengambilan keputusan, struktur hirarki diasumsikan lengkap. Apabila asumsi ini tidak dipenuhi maka pengambil keputusan memutuskan tidak memakai seluruh kriteria dan atau obyektif yang tersedia atau diperlukan sehingga keputusan yang diambil dianggap tidak lengkap.



Gambar 1. Struktur hirarki AHP
(Sumber: Saaty, 1988)

Tabel 1. Nilai Random Index

n	1	2	3	4	5
RI	0	0	0.58	0.9	1.12
n	6	7	8	9	10
RI	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Sumber: Saaty, 1988

Menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi. Persoalan yang akan diselesaikan diuraikan menjadi unsur-unsurnya, yaitu tujuan, kriteria dan alternatif, kemudian disusun menjadi struktur hirarki. Penilaian kriteria dan alternatif kriteria dan alternatif dinilai melalui perbandingan berpasangan. Menurut (Saaty, 1988) untuk berbagai persoalan, skala 1 sampai 9 adalah skala terbaik dalam mengekspresikan pendapat. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty. Untuk menentukan nilai kepentingan relatif antar elemen digunakan skala bilangan dari 1 sampai 9 seperti pada Tabel 4.

Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode AHP meliputi :

1. Menentukan jenis-jenis kriteria yang akan menjadi persyaratan pemilihan komposisi.
2. Menyusun kriteria-kriteria tersebut dalam bentuk matriks berpasangan.
3. Menjumlah matriks kolom.

4. Menghitung nilai elemen kolom kriteria dengan rumus masing-masing elemen kolom dibagi dengan jumlah matriks kolom.
5. Menghitung nilai prioritas kriteria dengan rumus menjumlah matriks baris hasil langkah ke 4 dan hasilnya dibagi dengan jumlah kriteria.
6. Menentukan alternatif-alternatif yang akan menjadi pilihan.
7. Menyusun alternatif-alternatif yang telah ditentukan dalam bentuk matriks berpasangan untuk masing-masing kriteria.
8. Masing-masing matriks berpasangan antar alternatif sebanyak n buah matriks, masing-masing matriksnya dijumlah per kolomnya.
9. Menghitung nilai prioritas matriks perbandingan berpasangan dari tiap-tiap alternatif.
10. Menguji rasio konsistensi tiap-tiap matriks perbandingan berpasangan
11. Menghitung Lamda maksimum
12. Menghitung indeks konsistensi (CI) dengan rumus

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots\dots\dots(1)$$

13. Menghitung *Consistency Ratio* dengan rumus

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

CI : Indek konsistensi

RI : *Random Index*

RI adalah nilai yang berasal dari tabel random seperti yang tertera pada Tabel 1. Jika $CR < 0,1$ maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan konsisten. Jika $CR > 0,1$ maka nilai

perbandingan berpasangan pada matriks kriteria yang diberikan tidak konsisten. Sehingga jika tidak konsisten, maka pengisian nilai-nilai pada matriks berpasangan pada unsur kriteria maupun alternatif harus diulang.

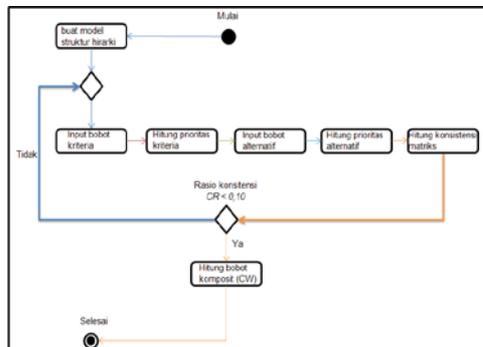
2.2 Penentuan Kebutuhan Bahan Kimia

Kebutuhan bahan kimia yang diperlukan pada unit *Reverse Osmosis* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q1 \times C1 = Q2 \times C2 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- Q1: Debit pompa kimia (lt/jam)
- C1: Konsentrasi yang ingin di ketahui (mg/lt)
- Q2: Debit pompa air baku (pretreatment) (lt/jam)
- C2: Konsentrasi akhir yang ditetapkan (mg/lt)



Gambar.2 Rencana penelitian (Sumber: Saaty, 1988)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum memulai penghitungan dengan menggunakan *Analytical Hierachy Process* perlu diketahui beberapa komponen – komponen pendukung yang akan dibandingkan seperti, kebutuhan bahan kimia, kebutuhan energi, biaya operator serta biaya perawatan dari masing – masing

unit *Reverse Osmosis*. Pada bagian ini akan disajikan biaya investasi dari tiap-tiap unit desalinasi, namun biaya investasi ini tidak dijadikan kriteria dalam matriks perbandingan berpasangan mengingat alat ini bersifat bantuan dari pemerintah sehingga masyarakat pengguna tidak mengeluarkan biaya investasi.

3.1 Menentukan Kriteria Matriks Perbandingan Berpasangan

Aspek penting pada penggunaan AHP adalah pemberian bobot untuk perbandingan berpasangan. Komponen biaya investasi hanya sebagai pendukung dan tidak dibandingkan karena nilai investasi ini bersifat bantuan dari pemerintah dan pengguna tidak mengeluarkan biaya untuk investasi alat. Komponen yang akan dibandingkan berpasangan pada penelitian ini adalah yang masuk ke dalam kriteria operasional alat seperti:

1. Kebutuhan bahan kimia
2. Kebutuhan energi (listrik atau bahan bakar)
3. Biaya Operator
4. Biaya Perawatan

3.1.1 Kebutuhan Bahan Kimia

Kebutuhan bahan kimia perlu diketahui untuk mengetahui berapa banyak tiap – tiap unit menghabiskan bahan kimia kaporit pada saat beroperasi. Injeksi kaporit dibutuhkan untuk membunuh mikroorganisme yang dapat menyumbat pori-pori pada permukaan membran. Besarnya konsentrasi akhir injeksi kaporit adalah 0,1 ppm seperti yang disyaratkan oleh para produsen membran dalam hal ini perusahaan dengan produk membran Filmtec (Filmtec, Information & Specifications, n.d.).

a. Kebutuhan bahan kimia yang diperlukan pada unit *Reverse Osmosis* kapasitas 10 m³/hari dapat menggunakan rumus (3) sebagai berikut :

$$Q1 \times C1 = Q2 \times C2 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- Q1: Debit pompa kimia
C1: Konsentrasi yang ingin di ketahui
Q2: Debit pompa air baku (*pretreatment*)
C2: Konsentrasi akhir yang ditetapkan

Dari persamaan diatas dapat diketahui:

- Q1: 2 lt/jam
Q2: 28 lt/m dijadikan liter/jam menjadi $28 \times 60 = 1680$ lt/jam
C2: 0,1 mg/lt

Maka konsentrasi larutan kaporit yang harus di injeksikan ke dalam sistem unit adalah :

$$2 \times C1 = 1680 \times 0.1$$

$$C1 = 84 \text{ mg / lt}$$

Kapasitas Pompa kimia : 2 lt/jam ;
1 hari = $2 \times 24 = 48$ lt/hari

Kebutuhan Kaporit 1 hari:

$$48 \times 84 = 4032 \text{ mg}$$

Jika unit beroperasi selama 30 hari maka dibutuhkan bahan kimia kaporit sebanyak:

$$4.032 \times 30 = 120 \text{ kg}$$

b. Kebutuhan bahan kimia yang diperlukan pada unit *Reverse Osmosis* kapasitas 20 m³/hari dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

Kapasitas Pompa kimia : 2 lt/jam

; 1 hari = $2 \times 24 = 48$ lt/hari

Kebutuhan Kaporit 1 hari:

$$126 \times 48 = 6048 \text{ mg}$$

Jika unit beroperasi selama 30 hari maka dibutuhkan bahan kimia kaporit sebanyak:

$$6.048 \times 30 = 181 \text{ kg}$$

c. Kebutuhan bahan kimia yang diperlukan pada unit *Reverse Osmosis* kapasitas 120 m³/hari dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

Kapasitas Pompa kimia : 2 lt/jam

; 1 hari = $2 \times 24 = 48$ lt/hari

Kebutuhan Kaporit 1 hari

$$378 \times 48 = 36.288 \text{ mg}$$

Jika unit beroperasi selama 30 hari maka dibutuhkan bahan kimia kaporit sebanyak

$$36.288 \times 30 = 1.088 \text{ kg}$$

3.1.2 Kebutuhan Energi

Untuk mengetahui kebutuhan energi pada tiap – tiap unit *Reverse Osmosis*, maka perlu kita ketahui komponen – komponen yang digerakan oleh tenaga listrik. Komponen – komponen tersebut ada 2 unit yaitu :

1. Pompa Air Baku
2. Pompa Tekanan Tinggi

Pada masing – masing unit *Reverse Osmosis* diperlukan kedua komponen pompa tersebut dengan spesifikasi yang berbeda sesuai dengan kapasitas desainnya.

a. Untuk unit *Reverse Osmosis* kapasitas 10 m³ / hari, biaya energi yang dikeluarkan perbulan adalah :

(1) Debit yang dibutuhkan : 28 lt/m $28 \times 60 = 1680$ lt/jam

Kapasitas pompa : $4,1 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $4100 : 60 = 68$ lt/m

Daya pompa : $\frac{1}{2}$ hp = 372 watt

$$P_1 = 372 \text{ watt}$$

(2) Pompa tekanan tinggi

Kapasitas : 15 lt / m

Daya pompa : 3,5 hp = 2.609 watt

$$P_2 = 2.609 \text{ watt}$$

Total kebutuhan energi

$$P_1 + P_2 = 2.981 \text{ watt hour}$$

(3) Kapasitas genset yang tersedia 5,5 kva = 5500 watt

Konsumsi bahan bakar bensin 1 lt : 60 menit, apabila unit beroperasi selama 24 jam maka dibutuhkan bahan bakar bensin sebanyak $1 \times 24 = 24$ liter

Harga eceran per liter bensin = Rp.5.500,-

Kebutuhan biaya bahan bakar per hari

$$\text{Rp. } 5.500,- \times 24 = \text{Rp } 132.000,-$$

b. Untuk unit *Reverse Osmosis* kapasitas 20 m³/ hari, biaya energi yang dikeluarkan perbulan adalah :

(1) Debit yang dibutuhkan : 42 lpm =

$$42 \times 60 = 15.120 \text{ lt/jam}$$

$$P_1 = 560 \text{ watt}$$

(2) Pompa tekanan tinggi

Kapasitas : 15 lt / m

P2= 8.000 watt

Total kebutuhan energi :

P1+ P2=8.560 watt hour

- (3) Kapasitas genset yang tersedia 10 kva = 10.000 watt

Konsumsi bahan bakar bensin 1 lt : 48 menit,

Jadi $1/48 \times 60 = 1,25$ lt / jam

apabila unit beroperasi selama 24 jam maka dibutuhkan bahan bakar bensin sebanyak $1,25 \times 24 = 30$ liter

Harga eceran per liter bensin = Rp.5.500,-

Kebutuhan biaya bahan bakar per hari $5.500 \times 24 =$ Rp 165.000,-

- c. Untuk unit *Reverse Osmosis* kapasitas 120m³/hari, biaya energi yang dikeluarkan perbulan adalah :

- (1) Debit yang dibutuhkan : 252 lpm= $252 \times 60 = 2520$ lt/jam

Kapasitas pompa : 20 m³/jam

Daya pompa : 5,5 kw = 5.500 watt

P1= 5.500 watt

- (2) Pompa tekanan tinggi

Kapasitas : 15 m³ / jam

Daya pompa : 11 kw = 11.000 watt

P2= 11.000 watt

Total kebutuhan energi P1+ P2

16.500 watt hour

- (3) Harga listrik industri per KWH Rp.905

(Perpres Republik Indonesia No 8 th 2011 tentang tarif tenaga listrik, 2011)

Jadi $16.500 : 1000 = 16.5$

$16.5 \times 905 = 14.932,5$ Rupiah / jam

apabila unit beroperasi selama 24 jam / hari maka energi listrik yang harus dibayarkan sebesar $14.932,5 (24 \times 30) =$ Rp. 10.751.400

3.1.3 Biaya Operator

Biaya operator yang dikeluarkan selama sebulan operasi unit sebesar Rp.1.500.000,-, operator yang

dibutuhkan ketika menjalankan unit *Reverse Osmosis* kapasitas 10 m³ dan 20 m³ berjumlah sama yaitu masing - masing dua orang, sedangkan untuk kapasitas 120m³ dibutuhkan operator sebanyak 4 orang. Jadi biaya operator yang dikeluarkan tiap bulan per unitnya sebagai berikut :

• RO 10m³/hari = Rp.3.000.000,-

• RO 20m³/hari = Rp.3.000.000,-

• RO120m³/hari = Rp.6.000.000,-

3.1.4 Biaya Perawatan

Biaya perawatan adalah biaya pengeluaran yang dipakai untuk membeli suku cadang apabila unit mengalami kerusakan pada saat beroperasi dan untuk membeli bahan kimia pencuci membran. Biaya ini dianggarkan secara rutin tiap bulan dan digunakan pada saat dibutuhkan. Biaya perawatan yang dikeluarkan oleh tiap - tiap unitnya adalah sebagai berikut :

• RO10m³/hari, Rp.500.000,-/bulan

• RO20m³/hari , Rp.500.000,-/bulan

• RO120m³/hari, Rp.2.500.000,-/ bulan

3.1.5 Total Biaya Operasional

Biaya operasional adalah biaya - biaya yang dikeluarkan pada saat masing - masing unit tersebut beroperasi selama satu bulan. Biaya - biaya tersebut meliputi pembelian bahan kimia kaporit, biaya energi listrik atau bahan bakar, biaya operator dan biaya perawatan.

- a. Biaya operasional untuk unit *Reverse Osmosis* kapasitas 10 m³/hari adalah sebagai berikut :

- (1) Bahan kimia kaporit 1 bulan = 120 kg

Harga kaporit per kg = Rp.12.000,-

Biaya bahan kimia kaporit 1 bulan

$120 \times 12.000 =$ Rp.1.440.000,-

- (2) Bahan bakar bensin genset perhari = Rp.132.000,-

Biaya bahan bakar 1 bulan

$132.000 \times 30 =$ Rp.3.960.000,-

- (3) Biaya 2 orang operator @ Rp.1.500.000 = Rp.3.000.000,-

- (4) Biaya perawatan Rp.500.000,-/ bulan

Total biaya yang dikeluarkan 1 bulan:

$1.440.000 + 3.960.000 + 3.000.000 + 500.000 =$ Rp. 8.900.000,-

Produksi air siap minum perhari
 $10\text{m}^3/\text{hari} = 300.000 \text{ liter/bulan}$.
 Harga air yang diproduksi Rp.
 $8.900.000,- : 300.000 = 29,67 =$
 Rp.30 / liter

Produksi air siap minum perhari $20\text{m}^3/\text{hari}$
 $20.000 \text{ liter} \times 30 \text{ hari} =$
 600.000 liter , harga per liter air yang
 diproduksi $10.622.000 : 600.000 =$
 $17,70,- = \text{Rp.}18,- / \text{liter}$

b. Biaya operasional untuk unit *Reverse Osmosis* kapasitas $20\text{m}^3/\text{hari}$ adalah sebagai berikut :

- (1) Bahan kimia kaporit 1 bulan = 181 kg
 Harga kaporit per kg = Rp.12.000,-
 Biaya bahan kimia kaporit 1 bulan
 $181 \times \text{Rp.}12.000,- =$
 Rp.2.172.000,-
- (2) Bahan bakar bensin genset perhari = Rp.165.000,-
 Biaya bahan bakar 1 bulan
 $165.000 \times 30 = \text{Rp.}4.950.000,-$
- (3) Biaya 2 orang operator @ Rp.1.500.000,- = Rp.3.000.000
- (4) Biaya perawatan Rp.500.000,- per bulan
 Total biaya yang dikeluarkan 1 bulan
 $2.172.000,- + 4.950.000,- + 3.000.000,- + 500.000,- = \text{Rp.}10.622.000,-$

c. Biaya operasional untuk unit *Reverse Osmosis* kapasitas $120\text{m}^3/\text{hari}$ adalah sebagai berikut :

- (1) Bahan kimia kaporit 1 bulan = 1.088 kg
 Harga kaporit per kg = Rp.12.000,-
 Biaya bahan kimia kaporit 1 bulan
 $1.088 \times 12.000,- = \text{Rp.}13.056.000,-$
- (2) Biaya listrik perbulan = Rp.15.444.000,-
- (3) Biaya 4 orang operator @ Rp.1.500.000,- = Rp.6.000.000,-
- (4) Biaya perawatan Rp.2.500.000,- per bulan
 Total biaya yang dikeluarkan 1 bulan
 $13.056.000,- + 15.444.000,- + 6.000.000,- + 2.500.000,- = \text{Rp.}37.000.000,-$
 Produksi air siap minum perhari $120\text{m}^3/\text{hari} = 3.600.000 \text{ liter/bulan}$. Harga air yang diproduksi $37.000.000,- : 3.600.000 = \text{Rp.}10,27 = \text{Rp.}10,-/\text{liter}$

Tabel 2.Total biaya operasional unit perbulan dan harga per liter air produksi (Rp.)

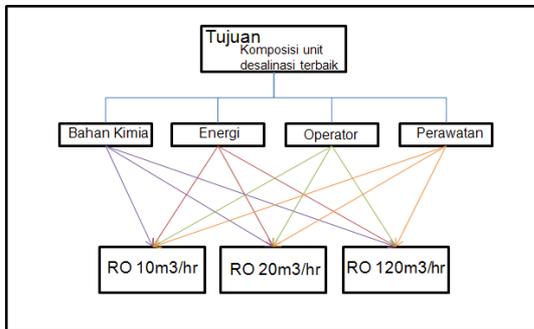
	RO 10m3/Hr	RO 20m3/Hr	RO 120m3/Hr
Kimia	1.440.000,-	2.172.000	13.056.000,-
Energi	3.960.000,-	4.950.000,-	15.444.000,-
Operator	3.000.000,-	3.000.000,-	6.000.000,-
Perawatan	500.000,-	500.000,-	2.500.000,-
Jumlah	8.900.000,-	10.622.000,-	37.000.000,-
Produksi / bulan	300.000,-	600.000,-	3.600.000,-
Harga / liter	29,67	17,70	10,28
	Rp.30,-	Rp.18,-	Rp.10,-

Tabel 3. Prosentase masing – masing biaya terhadap total biaya operasional per bulan

Prosentase (%)			
Kimia	16.18	20.45	35.29
Energi	44.49	46.60	41.74
Operator	33.71	28.24	16.22
Perawatan	5.62	4.71	6.76
Total	100	100	100

3.2 Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan untuk Kriteria

Pada bagian ini kita akan mulai melakukan penempatan kriteria-kriteria tersebut dalam sebuah tabel untuk digunakan sebagai matriks perbandingan berpasangan. Pada saat pemberian bobot pada masing-masing kriteria dapat menggunakan nilai yang bervariasi dari 1 sampai 9, adapun skala pemberian bobot yang ditetapkan oleh Saaty dapat dilihat pada Tabel.7



Gambar 3. Penyusunan struktur hirarki pemilihan komposisi unit desalinasi

3.3 Menjumlah Kolom Kriteria

Setelah melakukan perbandingan berpasangan, maka langkah berikutnya adalah melakukan penjumlahan masing-masing kolom kriteria. Penjumlahan ini selain untuk memudahkan pada saat perhitungan yaitu angka-angka dalam matriks berpasangan diubah ke dalam bentuk desimal, juga untuk digunakan dalam mencari nilai lambda maksimum.

3.4 Menghitung Nilai Elemen Kolom Kriteria

Selanjutnya adalah menghitung elemen masing-masing kriteria, contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Nilai elemen kriteria kebutuhan bahan kimia :

Matriks K.Kimia dibagi jumlah kolom K.Kimia

$$1 : 11 = 0,0909$$

Matriks K.Energi terhadap K.Kimia,

$$5 : 11 = 0,4545$$

Matriks Operator terhadap K.Kimia, 3

$$: 11 = 0,2727$$

Matriks Perawatan terhadap K.Kimia,

$$2 : 11 = 0,1818$$

2. Nilai elemen kriteria kebutuhan energi :

Matriks K.Kimia terhadap K.Energi dibagi jumlah kolom K.Energi ,

$$1/5 : 1,87 = 0,1071$$

Matriks K.Energi terhadap K.Energi,

$$1 : 1,87 = 0,5357$$

Matriks Operator terhadap K.Energi,

$$1/3 : 1,87 = 0,1786$$

Matriks Perawatan terhadap

K.Energi,

$$1/3 : 1,87 = 0,1786$$

3. Nilai elemen kriteria kebutuhan biaya operator :

Matriks K.Kimia terhadap Operator dibagi jumlah kolom Operator , 1/3 :

$$4,67 = 0,0714$$

Matriks K.Energi terhadap Operator,

$$3 : 4,67 = 0,6429$$

Matriks Operator terhadap Operator,

$$1 : 4,67 = 0,2143$$

Matriks Perawatan terhadap

Operator,

$$1/3 : 4,67 = 0,0714$$

4. Nilai elemen kriteria kebutuhan biaya perawatan :

Matriks K.Kimia terhadap Perawatan dibagi jumlah kolom Perawatan , 1/2 :

$$7,50 = 0,0667$$

Matriks K.Energi terhadap

Perawatan,

$$3 : 7,50 = 0,4000$$

Matriks Operator terhadap

Perawatan,

$$3 : 7,50 = 0,4000$$

Matriks Perawatan terhadap Perawatan,
 $1 : 7,50 = 0,1333$

Hasil masing-masing nilai elemen dari tiap-tiap kriteria dapat dilihat pada Tabel.10

3.5 Menghitung Nilai Prioritas Kriteria

Untuk menentukan skala prioritas, maka dicari nilai rata-rata baris (*Relative Weight*) matriks perbandingan berpasangan dengan perhitungan berikut :

Perhitungan rata-rata baris

1. Kebutuhan bahan kimia,
 $(0,0909 + 0,1071 + 0,0714 + 0,0667) / 4 = \mathbf{0,0840}$
2. Kebutuhan energi,
 $(0,4545 + 0,5357 + 0,6429 + 0,4000) / 4 = \mathbf{0,5083}$
3. Biaya operator,
 $(0,2727 + 0,1786 + 0,2143 + 0,4000) / 4 = \mathbf{0,2664}$
4. Biaya perawatan,
 $(0,1818 + 0,1786 + 0,0714 + 0,1333) / 4 = \mathbf{0,1413}$

Tabel 4. Skala pengukuran yang digunakan untuk pemberian bobot kriteria AHP

Intensitas kepentingan pada skala absolut	Definisi	Penjelasan
1	Sama pentingnya	Kedua aktifitas menyumbangkan sama pada tujuan
3	Agak lebih penting yang satu atas lainnya	Kesukaan atas satu aktifitas lebih dari yang lain
5	Cukup penting	Kesukaan atas satu aktifitas lebih dari yang lain
7	Sangat penting	Kesukaan yang kuat atas satu aktifitas lebih dari yang lain
9	Kepentingan yang ekstrem	Menyukai satu aktifitas atas yang lain sangat kuat
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua nilai keputusan yang berdekatan	Bila kompromi dibutuhkan
Berbalikan	Jika aktifitas i mempunyai nilai lebih tinggi dari aktifitas j maka j mempunyai nilai berbalikan ketika dibandingkan dengan i	
Rasio	Rasio yang didapat langsung dari pengukuran	

Tabel 5. Hasil pembobotan matriks perbandingan berpasangan untuk keempat kriteria

	K.Kimia	K.Energi	Operator	Perawatan
K.Kimia	1	1/5	1/3	1/2
K.Energi	5	1	3	3
Operator	3	1/3	1	3
Perawatan	2	1/3	1/3	1

Tabel 6. Hasil penjumlahan masing-masing kolom untuk keempat kriteria

	K. Kimia	K. Energi	Operator	Perawatan
K. Kimia	1	1/5	1/3	1/2
K. Energi	5	1	3	3
Operator	3	1/3	1	3
Perawatan	2	1/3	1/3	1
Jumlah	11,00	1,87	4,67	7,50

Tabel 7. Hasil pembagian masing-masing kolom untuk keempat kriteria

	K. Kimia	K. Energi	Operator	Perawatan
K. Kimia	0,0909	0,1071	0,0714	0,0667
K. Energi	0,4545	0,5357	0,6429	0,4000
Operator	0,2727	0,1786	0,2143	0,4000
Perawatan	0,1818	0,1786	0,0714	0,1333

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui peringkat kriteria berdasarkan *Relative Weight* atau *Eigenvector* dari matriks perbandingan berpasangan, yaitu :

Hasil perhitungan rata-rata baris

- Kebutuhan bahan kimia : **0,0840**
menjadi prioritas **keempat**
- Kebutuhan energi : **0,5083**
menjadi prioritas **kesatu**
- Biaya operator : **0,2664**
menjadi prioritas **kedua**
- Biaya perawatan : **0,1413**
menjadi prioritas **ketiga**

Dari perhitungan tersebut maka didapat prioritas kriteria pada pemilihan komposisi unit desalinasi adalah :

- Prioritas kriteria kesatu adalah **Kebutuhan Energi**
- Prioritas kriteria kedua adalah **Biaya Operator**
- Prioritas kriteria ketiga adalah **Biaya Perawatan**
- Prioritas kriteria keempat adalah **Kebutuhan Bahan Kimia**

3.6 Menentukan Alternatif Komposisi Unit Desalinasi

Dalam hal ini komposisi unit desalinasi yaitu RO 10 m³/hari, RO 20 m³/hari, dan RO 120 m³/hari adalah alternatif – alternatif yang nantinya akan dibandingkan dengan matriks berpasangan terhadap

masing-masing kriteria.

Alternatif komposisi unit desalinasi :

- RO 10m³/hari
- RO 20m³/hari
- RO 120m³/hari

3.7 Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan untuk Alternatif

Langkah selanjutnya adalah menyusun matriks perbandingan berpasangan alternatif untuk kriteria kebutuhan bahan kimia, kebutuhan energi, biaya operator dan biaya perawatan.

Tabel 8. Pembobotan alternatif RO 10, RO 20 dan RO 120 terhadap kriteria Kebutuhan Bahan Kimia

K. Kimia	RO 10	RO 20	RO 120
RO 10	1	2	3
RO 20	1/2	1	2
RO 120	1/3	1/2	1
Jumlah	1,83	3,5	6

Tabel 9. Pembobotan alternatif RO 10, RO 20 dan RO 120 terhadap kriteria Kebutuhan Energi

K. Energi	RO 10	RO 20	RO 120
RO 10	1	2	9
RO 20	1/2	1	5
RO 120	1/9	1/5	1
Jumlah	1,61	3,20	15,00

Tabel10. Pembobotan alternatif RO 10,RO 20 dan RO 120 terhadap kriteria Biaya Operator

Operator	RO 10	RO 20	RO 120
RO 10	1	2	3
RO 20	1/2	1	2
RO 120	1/3	1/2	1
Jumlah	1,83	3,50	6,00

Tabel 11.Pembobotan alternatif RO 10,RO 20 dan RO 120 terhadap kriteria Biaya Perawatan

Perawatan	RO 10	RO 20	RO 120
RO 10	1	3	9
RO 20	1/3	1	5
RO 120	1/9	1/5	1
Jumlah	1,44	4,20	15,00

3.8 Menghitung Nilai Prioritas Alternatif

Untuk menghitung prioritas tiap-tiap alternatif terhadap masing-masing kriteria dapat menggunakan langkah-langkah seperti pada mencari nilai prioritas kriteria. Pertama-tama yang dilakukan adalah mencari element masing-masing matriks hingga mendapat nilai desimal.

Perhitungan penentuan prioritas alternatif terhadap kriteria kebutuhan bahan kimia

Tabel 12.Hasil pembagian masing-masing kolom untuk ketiga alternatif

K.Kimia	RO 10	RO 20	RO 120
RO10	0,5455	0,5714	0,5000
RO20	0,2727	0,2857	0,3333
RO120	0,1818	0,1429	0,1667

Perhitungan rata-rata baris
 Alternatif RO 10 m³/hari,
 $(0,5455 + 0,5714 + 0,5000) / 3 = 0,5390$
 Alternatif RO 20 m³/hari,
 $(0,2727 + 0,2857 + 0,3333) / 3 = 0,2973$
 Alternatif RO 120 m³/hari,
 $(0,1818 + 0,1429 + 0,1667) / 3 = 0,1638$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui peringkat alternatif berdasarkan *Relative Weight* atau *Eigenvector* dari

matriks perbandingan berpasangan terhadap kriteria kebutuhan bahan kimia, yaitu :

- (1). Prioritas alternatif kesatu adalah RO10 m³/hari **0,5390**
- (2). Prioritas alternatif kedua adalah RO20 m³/hari **0,2973**
- (3). Prioritas alternatif ketiga adalah RO120 m³/hari **0,1638**

Perhitungan penentuan prioritas alternatif terhadap kriteria kebutuhan energi

Tabel 13. Hasil pembagian masing-masing kolom untuk ketiga alternatif

K.Energi	RO 10	RO 20	RO 120
RO 10	0,6207	0,6250	0,6000
RO 20	0,3103	0,3125	0,3333
RO 120	0,0690	0,0625	0,0667

Perhitungan rata-rata baris
 Alternatif RO 10 m³/hari,
 $(0,6207 + 0,6250 + 0,6000) / 3 = 0,6152$
 Alternatif RO 20 m³/hari,
 $(0,3103 + 0,3125 + 0,3333) / 3 = 0,3187$
 Alternatif RO 120 m³/hari,
 $(0,0690 + 0,0625 + 0,1667) / 3 = 0,0660$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui peringkat alternatif berdasarkan *Relative Weight* atau *Eigenvector* dari matriks perbandingan berpasangan terhadap kriteria kebutuhan energi, yaitu :

- (1). Prioritas alternatif kesatu adalah RO10m³/hari **0,6152**
- (2). Prioritas alternatif kedua adalah RO20m³/hari **0,3187**
- (3). Prioritas alternatif ketiga adalah RO120m³/hari **0,0660**

Perhitungan penentuan prioritas alternatif terhadap kriteria biaya operator

Tabel 14.Hasil pembagian masing-masing kolom untuk ketiga alternatif

Operator	RO10	RO20	RO120
RO10	0,5455	0,5714	0,5000
RO20	0,2727	0,2857	0,3333
RO120	0,1818	0,1429	0,1667

Perhitungan rata-rata baris
 Alternatif RO 10m³/hari,

$(0,5455 + 0,5714 + 0,5000) / 3 = 0,5390$
 Alternatif RO 20m³/hari,
 $(0,2727 + 0,2857 + 0,3333) / 3 = 0,2973$
 Alternatif RO 120m³/hari,
 $(0,1818 + 0,1429 + 0,1667) / 3 = 0,1638$
 Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui peringkat alternatif berdasarkan *Relative Weight* atau *Eigenvector* dari matriks perbandingan berpasangan terhadap kriteria biaya operator, yaitu :
 (1). Prioritas alternatif kesatu adalah RO 10 m³/hari **0,5390**
 (2). Prioritas alternatif kedua adalah RO 20 m³/hari **0,2973**
 (3). Prioritas alternatif ketiga adalah RO 120 m³/hari **0,1638**

Perhitungan penentuan prioritas alternatif terhadap kriteria biaya perawatan

Tabel 15. Hasil pembagian masing-masing kolom untuk ketiga alternatif

Perawatan	RO 10	RO 20	RO 120
RO 10	0,6923	0,7143	0,6000
RO 20	0,2308	0,2381	0,3333
RO 120	0,0769	0,0476	0,0667

Perhitungan rata-rata baris
 Alternatif RO 10 m³/hari,
 $(0,6923 + 0,7143 + 0,6000) / 3 = 0,6689$
 Alternatif RO 20 m³/hari,
 $(0,2308 + 0,2381 + 0,3333) / 3 = 0,2674$
 Alternatif RO 120 m³/hari,
 $(0,0769 + 0,0476 + 0,1667) / 3 = 0,0637$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui peringkat alternatif berdasarkan *Relative Weight* atau *Eigenvector* dari matriks perbandingan berpasangan terhadap kriteria biaya perawatan, yaitu :
 (1). Prioritas alternatif kesatu adalah RO 10 m³/hari **0,6689**
 (2). Prioritas alternatif kedua adalah RO 20 m³/hari **0,2674**
 (3). Prioritas alternatif ketiga adalah RO 120 m³/hari **0,0637**

3.9 Menguji Rasio Konsistensi

a. Uji rasio konsistensi matriks perbandingan berpasangan keempat

criteria.

Untuk mendapatkan nilai *Consistency Ratio* (CR) kita awali dengan menentukan vektor jumlah tertimbang (*Weighted Sum Vector*) dan, *Consistency Index* (CI) dihitung dengan rumus no.12 dan no.13 pada sub bab Metodologi. Menghitung vektor jumlah tertimbang (*Weighted Sum Vector*):

Rata-rata baris K.Kimia dikalikan baris kesatu kolom kesatu di tambah rata-rata baris K.Energi dikalikan baris kedua kolom kedua ditambah rata-rata baris Operator dikalikan baris ketiga kolom ketiga ditambah rata-rata baris Perawatan dikalikan baris keempat kolom keempat hasilnya dibagi rata-rata baris K.Kimia.

K. Kimia $(0,0840 \times 1) + (0,5083 \times 1/5) + (0,2664 \times 1/3) + (0,1413 \times 1/2) = 0,3451$
 K. Energi $(0,0840 \times 5) + (0,5083 \times 1) + (0,2664 \times 3) + (0,1413 \times 3) = 2,1515$
 Operator $(0,0840 \times 3) + (0,5083 \times 1/3) + (0,2664 \times 1/3) + (0,1413 \times 1) = 1,1118$
 Perawatan $(0,0840 \times 2) + (0,5083 \times 1/3) + (0,2664 \times 1/3) + (0,1413 \times 1) = 0,5676$

Menghitung konsistensi vektor (Vector Consistency)

K. Kimia 0,3451: 0,0840 = 4,1070
 K. Energi 2,1515: 0,5083 = 4,2329
 Operator 1,1118: 0,2664 = 4,1735
 Perawatan 0,5676: 0,1413 = 4,0172

Menghitung nilai Lamda maksimum (λ_{maks}) sebelum menghitung *Consistency Ratio* (CR). Lamda maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda_{maks} = (4,1070 + 4,2329 + 4,1735 + 4,0172) / 4 = 4,1326$$

Karena matriks berordo 4 (yakni terdiri dari 4 faktor), nilai indek konsistensi yang diperoleh :

$$CI = \frac{4,1326 - 4}{4 - 1}$$

$$CI = 0,0042$$

Konsistensi matriks perbandingan berpasangan dapat ditentukan dengan

Consistency Ratio (CR), sebagai berikut :
Dimana :

CI : Indek konsistensi

RI : *Random Index*

Random Index ditentukan pada tabel.11

Jadi nilai rasio konsistensi (CR) :

$$CR = \frac{0,0042}{0,9}$$

$$CR = 0,0491$$

Rasio konsistensi menunjukkan tingkat konsistensi pengambilan keputusan dalam melakukan perbandingan berpasangan dimana nilai akhirnya menentukan kualitas keputusan. Umumnya jika nilai *Consistency Ratio* adalah 0,10 (batas ketidak konsistenan yang ditetapkan oleh Saaty)

atau lebih kecil, maka perbandingan berpasangan yang dilakukan untuk mengambil keputusan secara relatif dapat dikatakan konsisten. Apabila nilai *Consistency Ratio* lebih besar dari 0.10 maka pengambil keputusan harus mempertimbangkan mengevaluasi input pada perbandingan berpasangan yang dilakukan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dimana nilai *Consistency Ratio* untuk keempat kriteria menunjukkan nilai yang lebih kecil dari 0,10 maka dapat disimpulkan bahwa nilai evaluasi keempat kriteria tersebut yaitu Kebutuhan Bahan Kimia, Kebutuhan Energi, Biaya Operator dan Biaya Perawatan dapat dikatakan konsisten.

Tabel 16. Nilai Random Index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R I	0	0	0.58	0.9	0.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Uji rasio konsistensi matriks perbandingan berpasangan alternatif terhadap kriteria kebutuhan bahan kimia.

$$CI = \frac{3,0092 - 3}{3 - 1}$$

$$CI = 0,0046$$

Menghitung vektor jumlah tertimbang (*Weighted Sum Vector*):

$$RO\ 10\ m^3/hari\ (0,5390 \times 1) + (0,2973 \times 2) + (0,1638 \times 3) = 1,6248$$

$$RO\ 20\ m^3/hari\ (0,5390 \times 1/2) + (0,2973 \times 1) + (0,1638 \times 2) = 0,8943$$

$$RO\ 120\ m^3/hari\ (0,5390 \times 1/3) + (0,2973 \times 1/2) + (0,1638 \times 1) = 0,4921$$

Jadi nilai rasio konsistensi (CR) :

$$CR = \frac{0,0046}{0,58}$$

$$CR = 0,0079$$

Uji rasio konsistensi matriks perbandingan berpasangan alternatif terhadap kriteria kebutuhan energi.

Menghitung konsistensi vektor (*Vector Consistency*)

$$RO\ 10\ m^3/hari\ 1,6248 : 0,5390 = 3,0147$$

$$RO\ 20\ m^3/hari\ 0,8943 : 0,2973 = 3,0085$$

$$RO\ 120\ m^3/hari\ 0,4921 : 0,1638 = 3,0044$$

Menghitung vektor jumlah tertimbang (*Weighted Sum Vector*):

$$RO10m^3/hari\ (0,6152 \times 1) + (0,3187 \times 2) + (0,0660 \times 9) = 1,8471$$

$$RO20m^3/hari\ (0,6152 \times 1/2) + (0,3187 \times 1) + (0,0660 \times 5) = 0,9566$$

$$RO120m^3/hari\ (0,6152 \times 1/9) + (0,3187 \times 1/5) + (0,0660 \times 1) = 0,1981$$

Menghitung nilai Lamda maksimum (λ_{maks}) sebelum menghitung *Consistency Ratio* (CR). Lamda maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda_{maks} = (3,0147 + 3,0085 + 3,0044) / 3 = 3,0092$$

Karena matriks berordo 3 (yakni terdiri dari 3 faktor), nilai indek konsistensi yang diperoleh :

Menghitung konsistensi vektor (*Vector Consistency*)

$$RO\ 10\ m^3/hari\ 1,8471 : 0,6152 = 3,0023$$

$$RO\ 20\ m^3/hari\ 0,9566 : 0,3187 = 3,0012$$

$$RO\ 120\ m^3/hari\ 0,1981 : 0,0660 = 3,0002$$

Menghitung nilai Lamda maksimum (λ_{maks})

sebelum menghitung *Consistency Ratio* (CR). Lamda maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda_{maks} = (3,0023 + 3,0012 + 3,0002) / 3 = 3,0012$$

Karena matriks berordo 3 (yakni terdiri dari 3 faktor), nilai indek konsistensi yang diperoleh :

$$CI = \frac{3,0012 - 3}{3 - 1}$$

$$CI = 0,0006$$

Jadi nilai rasio konsistensi (CR) :

$$CR = \frac{0,0006}{0,58}$$

$$CR = 0,0011$$

Uji rasio konsistensi matriks perbandingan berpasangan alternatif terhadap kriteria biaya operator.

Menghitung vektor jumlah tertimbang (*Weighted Sum Vector*):

$$RO\ 10\ m^3/hari\ (0,5390 \times 1) + (0,2973 \times 2) + (0,1638 \times 3) = 1,6248$$

$$RO\ 20\ m^3/hari\ (0,5390 \times 1/2) + (0,2973 \times 1) + (0,1638 \times 2) = 0,8943$$

$$RO\ 120\ m^3/hari\ (0,5390 \times 1/3) + (0,2973 \times 1/2) + (0,1638 \times 1) = 0,4921$$

Menghitung konsistensi vektor (*Vector Consistency*)

$$RO\ 10\ m^3/hari\ 1,6248 : 0,5390 = 3,0147$$

$$RO\ 20\ m^3/hari\ 0,8943 : 0,2973 = 3,0085$$

$$RO\ 120\ m^3/hari\ 0,4921 : 0,1638 = 3,0044$$

Menghitung nilai Lamda maksimum (λ_{maks}) sebelum menghitung *Consistency Ratio* (CR). Lamda maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda_{maks} = (3,0147 + 3,0085 + 3,0044) / 3 = 3,0092$$

Karena matriks berordo 3 (yakni terdiri dari 3 faktor), nilai indek konsistensi yang diperoleh :

$$CI = \frac{3,0092 - 3}{3 - 1}$$

$$CI = 0,0046$$

Jadi nilai rasio konsistensi (CR) :

$$CR = \frac{0,0046}{0,58}$$

$$CR = 0,0079$$

Uji rasio konsistensi matriks perbandingan berpasangan alternatif terhadap kriteria biaya perawatan.

Menghitung vektor jumlah tertimbang (*Weighted Sum Vector*):

$$RO\ 10\ m^3/hari\ (0,6689 \times 1) + (0,2674 \times 3) + (0,0637 \times 9) = 2,0447$$

$$RO\ 20\ m^3/hari\ (0,6689 \times 1/3) + (0,2674 \times 1) + (0,0637 \times 5) = 0,8090$$

$$RO\ 120\ m^3/hari\ (0,6689 \times 1/9) + (0,2674 \times 1/5) + (0,0637 \times 1) = 0,1915$$

Menghitung konsistensi vektor (*Vector Consistency*)

$$RO\ 10\ m^3/hari\ 2,0447 : 0,6689 = 3,0570$$

$$RO\ 20\ m^3/hari\ 0,8090 : 0,2674 = 3,0256$$

$$RO\ 120\ m^3/hari\ 0,1915 : 0,0637 = 3,0051$$

Tabel 17. Hasil Perhitungan Composite Weight untuk Komposisi Unit Desalinasi

	K. Kimia	K. Energi	Operator	Perawatan	CW
RW	0,0840	0,5083	0,2664	0,1413	
RO 10	0,5390	0,6152	0,5390	0,6689	0,5961
RO 20	0,2973	0,3187	0,2973	0,2674	0,3040
RO 120	0,1638	0,0660	0,1638	0,0637	0,0999

Menghitung nilai Lamda maksimum (λ_{maks}) sebelum menghitung *Consistency Ratio* (CR). Lamda maksimum dapat diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\lambda_{maks} = (3,0570 + 3,0256 + 3,0051) / 3 = 3,0292$$

Karena matriks berordo 3 (yakni terdiri dari 3 faktor), nilai indek konsistensi yang diperoleh :

$$CI = \frac{3,0292 - 3}{3 - 1}$$

$$CI = 0,0146$$

Jadi nilai rasio konsistensi (CR) :

$$CR = \frac{0,0146}{0,58}$$

$$CR = 0,0252$$

3.10 Menentukan Prioritas Global

Tahap terakhir adalah menentukan prioritas komposisi desalinasi dengan menghitung *Composite Weight* (CW) dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

Prioritas alternatif₁ = $\Sigma = \{$ (prioritas lokal alternatif₁ terhadap C₁) x (prioritas lokal C₁ terhadap tujuan)

Perhitungan Composite Weight untuk masing-masing alternatif pemilihan komposisi unit desalinasi :

$$\begin{aligned} CW (RO 10) = & \\ & (0,0840 \times 0,5390) + (0,5083 \times 0,6152) + \\ & (0,2664 \times 0,5390) + (0,1413 \times 0,6689) = \\ & \mathbf{0,5961} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CW (RO 20) = & \\ & (0,0840 \times 0,2973) + (0,5083 \times 0,3187) + \\ & (0,2664 \times 0,2973) + (0,1413 \times 0,2674) = \\ & \mathbf{0,3040} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CW (RO 120) = & \\ & (0,0840 \times 0,1638) + (0,5083 \times 0,0660) + \\ & (0,2664 \times 0,1638) + (0,1413 \times 0,0637) = \\ & \mathbf{0,0999} \end{aligned}$$

Berdasarkan data pada Tabel.10 dapat diketahui bahwa kriteria Kebutuhan Energi merupakan kriteria terpenting yaitu **0,5083**, selanjutnya kriteria Biaya Operator sebesar **0,2664**, kriteria Biaya Perawatan **0,1413**, kriteria Kebutuhan Bahan Kimia **0,0840**. Untuk prioritas alternatif komposisi unit desalinasi dapat melihat pada Tabel.17 dimana unit **RO 10 m³/hari** merupakan alternatif dengan nilai tertinggi yaitu **0,5961** alternatif komposisi berikutnya adalah **RO 20 m³/hari** sebesar **0.3040** dan alternatif terakhir untuk komposisi unit desalinasi adalah **RO 120 m³/hari** sebesar **0,0999**. Merujuk pada uji konsistensi masing-masing matriks

perbandingan berpasangan dengan nilai rata-rata **0,0183** maka perhitungan pada penelitian ini dianggap konsisten dan dapat diterima.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada pembahasan diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kriteria terpenting dalam penentuan komposisi unit desalinasi yaitu Kebutuhan Energi dengan nilai **0,5083**, ini merupakan hal yang logis dimana kelangsungan operasi unit ini sangat tergantung pada pasokan energi dalam hal ini energi listrik yang digerakan dengan bahan bakar. Mengingat lokasi penempatan alat ini adalah di daerah pesisir atau pulau-pulau kecil dimana mayoritas masyarakatnya adalah masyarakat nelayan sehingga bahan bakar minyak cukup mudah didapat, meskipun harga bahan bakar tersebut lebih mahal dari bahan bakar yang dijual ditempat resmi seperti SPBU (Stasiun Bahan Bakar Umum).
2. Kemudian Biaya Operator menjadi kriteria terpenting kedua dengan nilai **0,2664**, semakin kecil unit semakin sedikit dibutuhkan tenaga operator untuk mengoperasikan sehingga semakin sedikit biaya yang dikeluarkan untuk membayar gaji upah operator.
3. Selanjutnya kriteria Biaya Perawatan dengan nilai **0,1413**, mengingat biaya perawatan adalah biaya yang disisihkan dari hasil penjualan untuk melakukan perbaikan-perbaikan apabila dalam perjalananya unit mengalami kerusakan, maka pembelian peralatan pengganti menggunakan biaya ini.
4. Kriteria terakhir dalam pemilihan komposisi unit desalinasi adalah Kebutuhan Bahan Kimia dengan nilai **0,0840**, dimana bahan kimia menjadi prioritas terakhir pada operasional unit, kebutuhan bahan kimia dibutuhkan sebagai pembasmi mikroorganisme pada penyaringan pendahuluan sebelum masuk ke unit desalinasi, sehingga pengaruh langsung terhadap kinerja unit desalinasi sangat kecil. Tetapi penggunaan

- bahan kimia kaporit ini harus tetap digunakan karena juga berfungsi sebagai aktifator pada saringan *Manganese Greensand*.
5. Alternatif pemilihan komposisi unit desalinasi terbaik ada pada unit RO 10 m³/hari dengan nilai **0,5961**, unit ini adalah unit terkecil dengan disain kompak hanya membutuhkan ruangan sebesar 3 m x 4 m, dapat juga ditempatkan dalam satu kontainer sederhana sehingga mudah dalam mobilisasi bilamana perlu dilakukan pemindahan lokasi.
 6. RO 20 m³/hari menjadi alternatif berikutnya dari pemilihan komposisi unit desalinasi yaitu **0,3040**, unit ini mempunyai kapasitas lebih besar dua kali lipat dari unit RO 10 m³/hari tetapi bentuk fisik tidak berbeda jauh dari unit RO 10 m³/hari hanya banyaknya membran dan penggunaan pompa tekan yang lebih besar, unit ini boleh dikatakan 2 kali lebih besar dari unit RO 10 m³/hari.
 7. Alternatif terakhir pemilihan komposisi unit desalinasi ditempati unit RO 120 m³/hari dengan nilai **0,0999**, unit ini berkapasitas besar dengan demikian dari faktor penggunaan energi yang besar, kebutuhan tenaga operator yang banyak, tetapi semua itu dibarengi dengan harga perliter air yang dihasilkan rendah.

Berdasarkan prioritasnya maka dapat diurutkan kriteria pemilihan komposisi unit desalinasi adalah :

- a. Kebutuhan energy : **0,5083** menjadi prioritas **kesatu**
- b. Biaya operator : **0,2664** menjadi prioritas **kedua**
- c. Biaya perawatan : **0,1413** Menjadi prioritas **ketiga**
- d. Kebutuhan bahan kimia : **0,0840** menjadi prioritas **keempat**

Berdasarkan prioritasnya maka dapat diurutkan alternatif pemilihan komposisi unit desalinasi terbaik adalah :

- a. RO 10 m³/hari menjadi pilihan

- kesatu dengan nilai tertinggi 0,5961
- b. RO 20 m³/hari menjadi pilihan kedua dengan nilai 0,3040
- c. RO 120 m³/hari menjadi pilihan ketiga dengan nilai 0,0999.

Dengan demikian pemilihan komposisi unit desalinasi terbaik untuk ditempatkan pada daerah pesisir dan pulau-pulau kecil ada pada unit *Mukti Stage Flash* dengan kapasitas 10 m³/hari.

4.1. Saran

Beberapa pendekatan yang dilakukan pada perhitungan yang digunakan pada *Analytic Hierarchy Process* ini ada berbagai cara, untuk benar-benar konsisten pada saat melakukan perbandingan berpasangan maka pembobotan pada kriteria-kriteria menjadi faktor penting. Beberapa perhitungan pada penelitian ini terdapat hasil yang melebihi dari batasan konsistensi yang ditetapkan oleh Saaty yaitu 1,10 atau lebih dari 10 %, artinya adalah hasil dari perhitungan tersebut tidak konsisten dalam memberikan bobot terhadap kriteria-kriteria maupun alternatif. Untuk itu perlu dilakukan pengulangan pemberian pembobotan pada perbandingan berpasangan. Untuk meminimalkan pengulangan tersebut pada penelitian ini digunakan alat bantu berupa perangkat lunak *Spreadsheet* yang dapat mensimulasikan perhitungan yang akan diterapkan pada tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyana, Zukarnain 2010, Pemilihan Teknologi Desalinasi Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Jurnal Kelautan Nasional Vol. 5, No. 1 April 2010, 5(1).
- Information, P., & Specifications, P. (n.d.). DOW FILMTEC TM Membranes, (609), 1-2.
- Perpres Republik Indonesia No 8 th 2011 tentang tarif tenaga listrik. 2011
- Saaty, T. L., 2008, Decision making with the Analytic Hierarchy Process (Vol. 1).