

Optimalisasi Penjadwalan, Perawatan dan Perbaikan Pembangkit PLTD 20 kV dengan *Levelized Reserve Method*

Abraham Latumahina, Wijono dan Hadi Suyono

Abstract— The power system reliability is one of aspect in the power system operation. One factor influences the power system scheduling is system maintenance. Same method a used in the maintenance scheduling. i.e , GA (*Genetic Algorithm*) method, GSM (*Generator Maintenance Scheduling*) method, RBM (*Risk-based maintenance*) method, Annealing method and *Levelized Reserve Method (LRM)*. LRM is used with the basis of balance of reserve capacity . LRM method is the divided two method, *Levelized Reserve Capacity Method (LRCM)* and *Levelized Reserve Rate Method (LRRM)*. The mentenance scheduling optimisation in the riset includes two solution and five step. The best solution is proposed to be implemented in the maintenance scheduling of Region IX Maluku and North Maluku 20 Kv branch Ambon. Solution I stage 4 LRCM and solutions I stage 4 LRRM. The result of 22 generating units with capacity varying power unit, it can perform maintenance on 12 units. The balance of power throughout the duration of the reserve maintenance period can be met, namely to methods LRCM the results ranged 13.6 MW - 16.2 MW, while the result for the method LRRM range of 13.6 MW - 17.2 MW. The calculation of the initial backup highest power rating in accordance with the method Lrrm is 0.53% and the highest end of the reserve power of 0.39%.

Index Terms — Optimization of scheduling , LRM, LRCM, LRRM.

Abstrak—Keandalan sistem tenaga merupakan salah satu aspek dalam operasi sistem tenaga listrik. Satu factor yang mempengaruhi penjadwalan sistem tenaga yaitu pemeliharaan sistem. Metode yang sama digunakan dalam pejadwalan pemeliharaan yaitu metode GA (*Genetic Algorithm*), GSM (*Generator Maintenance Scheduling*), RBM (*Risk-based maintenance*), metode Anealing dan LRM (*Levelized Reserve Method*). LRM digunakan dengan dasar keseimbangan kapasitas cadangan. Metode LRM terdiri dari dua metode yaitu *Levelized Reserve Capacity Method (LRCM)* dan *Levelized Reserve Rate Method (LRRM)*. Optimasi penjadwalan pemeliharaan dilakukan dengan 2 solusi dan 5 tahap. Solusi terbaik diusulkan untuk dimplementasikan pada penjadwalan pemeliharaan pembangkit Wilayah IX Maluku dan Maluku Utara cabang Ambon yaitu Solusi I tahap 4 LRCM dan solusi I

tahap 4 LRRM. Hasilnya dari 22 unit pembangkit yang mempunyai kapasitas daya unit yang bervariasi, maka dapat melakukan perawatan terhadap 12 unit. Keseimbangan daya cadangan disepanjang durasi waktu pemeliharaan dapat dipenuhi yaitu untuk metode LRCM hasilnya berkisar 13,6 MW – 16,2 MW, sedangkan untuk metode LRRM hasilnya berkisar 13,6 MW – 17,2 MW. Perhitungan rating daya cadangan awal tertinggi sesuai dengan metode LRRM adalah 0,53% dan daya cadangan akhir tertinggi yaitu 0,39%.

Kata Kunci — *Optimalisasi Penjadwalan, LRM, LRCM dan LRRM*

I. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) Wilayah IX Maluku dan Maluku Utara khususnya di Kota Ambon mengalami penurunan ketersediaan daya listrik yang terjadi diakibatkan adanya kerusakan pada pembangkit. Unit pembangkit PLTD dengan daya terpasang 34,3 M yang diandalkan untuk memproduksi energi listrik di Desa Poka mengalami rusak total. Data terakhir yang ada, jumlah unit pembangkit yang tersedia pada ke dua sumber pembangkit Poka dan Hative Kecil yaitu 12 unit dan yang beroperasi hanya 7 unit pembangkit dengan total daya adalah 19,7 MW dengan beban puncak yang ada adalah 45 MW. PT. PLN mengadakan pembangkit tambahan yang disewa dari pihak swasta untuk memenuhi kebutuhan energi, sehingga total daya adalah 63,7 MW. Metode yang dipakai untuk penjadwalan pemeliharaan unit pembangkit yaitu *Levelized Reserve Method*, artinya metode yang sangat langsung dan intuitif untuk menyusun jadwal pemeliharaan dengan menyamakan sejauh mungkin cadangan bersih sistem di sepanjang tahun. *Levelized Reserve Method* terbagi dalam tiga metode yaitu:

1. *Levelized Reserve Capacity Method (LRCM)*
2. *Levelized Reserve Rate Method (LRRM)*
3. *Levelized Reserve Capacity Method for Group scheduling*

Dalam Penelitian ini akan digunakan 2 metode yaitu pada point ke-1 dan ke-2. Tujuan dari kedua metode ini sama yaitu menyusun jadwal pemeliharaan dengan menyamakan atau menyeimbangkan kapasitas cadangan daya selama durasi waktu pemeliharaan.

II. LANDASAN TEORI

- A. *Jadwal Pemeliharaan Dalam Sistem Pembangkit.*
Peralatan dalam Sistem Tenaga Listrik perlu

Abraham Latumahina, mahasiswa Program Magister Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia dan dosen di Politeknik Negeri Ambon (bramlatu25@gmail.com).

Wijono, dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (Telp.0341-554166; e-mail: wijono@ub.ac.id).

Hadi Suyono, dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (Telp.0341-554166; hadi_suyono@ub.ac.id).

dipelihara secara periodik sesuai petunjuk dari buku pemeliharaan peralatan yang dibuat oleh pabriknya. Penundaan pemeliharaan akan memperbesar kemungkinan rusaknya peralatan oleh karena jadwal pemeliharaan peralatan sedapat mungkin harus ditaati. Di lain pihak untuk menjamin keandalan sistem tenaga listrik, pemeliharaan peralatan perlu dikoordinir agar tetap tersedia daya cadangan pembangkitan.[7]

B. Levelized Reserve Method

Kapasitas cadangan daya dipengaruhi oleh variasi daya beban. Metode teras (penyetaraan) cadangan (*Levelized Reserve Method*) adalah metode yang sangat langsung dan intuitif yang dipakai dalam penyusunan jadwal perawatan dengan cara menyetarakan sejauh mungkin cadangan bersih daya sistem di sepanjang tahun. Oleh karena itu, model metode penyetaraan cadangan daya untuk pemeliharaan penjadwalan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta P_i = \Delta P_j; \quad i \in t, j \in t, t = 1, 2, \dots, T. \quad (1)$$

Dimana:

ΔP_t = sistem kapasitas cadangan bersih dalam setiap t tahap yang sama dengan kapasitas sistem terpasang dikurangi beban maksimum dan kapasitas pemeliharaan dalam pekerjaan tahap t .

Atau

$$\Delta P_i^* = \Delta P_j^* \quad (2)$$

Dimana:

ΔP_t^* = sistem kapasitas tingkat cadangan bersih di setiap subinterval, yang sama dengan kapasitas rasio cadangan bersih ΔP_t selama beban maksimum dari kapasitas L_t dalam pemeliharaan tahap t

C. Levelized Reserve Capacity Method

LRCM atau Metode penyeimbangan, penyetaraan kapasitas cadangan menggunakan persamaan. (1). Fungsi dan tujuan yang merupakan hasil dari penjadwalan pemeliharaan terhadap kapasitas cadangan bersih, kurang lebih sama sepanjang tahun. Prosedur ini pertama-tama harus mengatur unit pembangkit yang akan dijadwalkan pemeliharaan dalam urutan tertentu, dari kapasitas pembangkit tertinggi ke kapasitas terendah. Kemudian dijadwalkan pemeliharaan selalu dimulai dari daya beban terendah diletakan kapasitas unit pembangkit tertinggi dan secara berurutan sampai semua unit pembangkit yang beroperasi dijadwalkan pemeliharaannya.[9]

D. Levelized Reserve Rate Method

LRRM hasilnya dari tingkat atau nilai rasio daya cadangan bersih di setiap subinterval (ΔP) dan diatas beban maksimum subinterval tersebut (L_t) sebagai fungsi tujuan persamaan. (2). Metode dan prosedur untuk penjadwalan pemeliharaan adalah sama dengan *Levelized Reserve Capacity Method*, satu-satunya perbedaan adalah bahwa pada posisi beban yang optimal (tinggi) tidak ada proses penjadwalan sehingga dapat memiliki cadangan bersih maksimal. Pada interval beband rendah memiliki cadangan yang besar.[9]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dimulai dengan pengumpulan data awal dan menyusun perencanaan penjadwalan pemeliharaan dan perawatan yang optimal diharapkan dapat dilakukan. Untuk lebih jelasnya metodologi penelitian ini seperti pada Gambar 1.

Penjelasan blok diagram Penelitian pada Gambar 1 adalah sebagai berikut :

- Pengolahan data dengan *Levelized Reverse Capacity Method (LRCM)*.
 - Menentukan nilai ΔP_i adalah selisih kapasitas kemampuan daya pembangkit dengan daya beban.
 - Pada kondisi beban puncak ada penjadwalan.
- Pengolahan data dengan *Levelized Reverse Rate Method (LRRM)*.
 - Pada kondisi beban puncak tidak boleh ada penjadwalan.
 - Hasil penjadwalan dari *LRCM* dipakai sebagai acuan untuk menyusun penjadwalan pada *LRRM*.

Tahap pertama yang dilakukan adalah :

- Falidasi terhadap data pada Referensi udntuk mendapatkan hasil yang benar.
- Data penelitian dikelola berdasarkan hasil falidasi.

Validasi berhasil dilakukan berdasarkan perhitungan manual atau menggunakan perangkat lunak. Data penelitian diproses sesuai dengan hasil validasi referensi. Nilai *FOR* pemeliharaan = 0,07, digunakan sebagai standar durasi waktu pemeliharaan masing-masing unit pembangkit. Algoritma pemograman dimasukan dalam perangkat lunak Matlab dengan susunan dan dibuat dalam bentuk *flowchart* seperti pada Gambar 2.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Data Penelitian.

Data-data yang dikumpulkan dari hasil penelitian yang dibutuhkan adalah data unit pembangkit PT PLN (Persero) Wilayah IX Maluku dan Maluku Utara cabang Ambon memiliki 12 unit pembangkit, hanya 7 unit pembangkit yang beroperasi normal. 5 unit rusak total. Kebutuhan daya untuk suplay ke baban tidak mencukupi. Terdapat 15 unit swasta yang memiliki jasa unit pembangkit sewa dengan kapasitas yang berbeda. Jumlah total kapasitas kemampuan daya yang disewakan yaitu 10x10 MW dan kapasitas 5x34 MW sehingga keseluruhan dijumlahkan akan didapatkan total daya adalah 63, 7 MW

Daya beban yang dibutuhkan di Ambon cukup besar karena pengembangan penduduk dan ekonomi yang berjalan setiap tahun, Data beban tersebut dapat dilihat pada Tabel I.

Data-data mesin disusun kembali dan diurutkan berdasarkan kapasitasnya dari unit pembangkit yang terbesar milik PT. PLN (Persero) Wilayah IX Maluku dan Maluku Utara cabang Ambon dan Swasta. Penyusunanya dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL I
DATA DAYA BEBAN PLN (PERSERO) WILAYAH IX MALUKU
DAN MALUKU UTARA CABANG AMBON.

No	MINGGU	DAYA BEBAN
1	1	43900
2	2	46300
3	3	44300
4	4	44900
5	5	44950
6	6	46400
7	7	46500
8	8	45300
9	9	44500
10	10	45250
11	11	45400
12	12	45300
13	13	44500
14	14	43500
15	15	42000
16	16	43250
17	17	41500
18	18	43700
19	19	43600
20	20	43500
21	21	43800
22	22	46500
23	23	47900
24	24	49700

TABEL II
URUTAN UNIT PEMBANGKIT

No Urut Unit	Kapasitas Unit (MW)
1	10,000
2	6,000
3	6,000
4	6,000
5	6,000
6	3,800
7	3,800
8	3,500
9	2,800
10	2,000
11	2,000
12	1,800
13	1,000
14	1,000
15	1,000
16	1,000
17	1,000
18	1,000
20	1,000
21	1,000
22	1,000
Total Daya	63,700

Dari data table I, daya beban puncak berada pada minggu ke-24 yaitu 49,7 MW. Untuk table II, kapasitas masing-masing unit pembangkit dijumlahkan dayanya dan diperoleh daya mampu sistem pembangkit yaitu sebesar 63,7 MW. Dari ke dua data, selisih dari kemampuan daya pembangkit dan daya beban puncak menghasilkan daya cadangan bersih yaitu sebesar 14 MW.

B. Pembahasan.

Dalam penelitian ini dari 22 unit pembangkit akan dijadwalkan. Untuk melakukan penjadwalan maka, kondisi dari unit-unit sudah diperhatikan secara teliti dan dimasukkan dalam daftar perawatan dan perbaikan. Unit-unit tersebut dikalkulasikan juga kapasitas dayanya agar ketika dijadwalkan tidak mengalami kekurangan daya cadangan. Penyusunan penjadwalan unit-unit

pembangkit dilakukan dengan 2 solusi dengan menggunakan perangkat lunak yaitu:

- Solusi I : Durasi waktu jadwal pemeliharaan yang panjang (24 minggu atau 6 bulan) dengan 5 tahap pengujian menggunakan perangkat lunak.
- Solusi II : Durasi waktu jadwal pemeliharaan yang pendek (16 minggu atau 4 bulan) dengan 5 tahap pengujian menggunakan perangkat lunak

Pembagian solusi dilakukan agar dapat menemukan jadwal pemeliharaan yang sesuai dengan metode yang digunakan, sehingga didapatkan hasil yang optimal.

C. Levelized Reserve Capacity Method (LRC)

Penyusunan dilakukan dengan melihat kapasitas cadangan yang tersedia dalam kurun waktu pemeliharaan.

- Solusi I dengan durasi waktu pemeliharaan selama 24 minggu atau 6 bulan dengan 5 tahap pengujian olah data yaitu :
 - Tahap 1 : Jumlah unit outage adalah 22 unit. Pengujian olah data hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output tinggi mencapai 57,4 MW sehingga daya cadangan sangat kecil yaitu 6.3 MW.
 - Tahap 2 : Jumlah unit outage adalah 18 unit. Pengujian olah data hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output tinggi mencapai 53,3 MW sehingga daya cadangan cukup kecil yaitu 10.2 MW.
 - Tahap 3 : Jumlah unit outage adalah 15 unit. Pada tahap 3 kondisi hasil olah data sama dengan tahap 2.
 - Tahap 4 : Jumlah unit outage adalah 12 unit. Pengujian olah data hasilnya dapat digunakan karena, jumlah daya output masih tidak terlampaui tinggi mencapai 50,1 MW sehingga daya cadangan cukup besar yaitu 13.6 MW dan berimbang. Hasil olah data dengan perangkat lunak dapat dilihat pada tabel III di akhir halaman.
 - Tahap 5 : Jumlah unit outage adalah 7 unit. Pengujian olah data hasilnya adalah daya output masih tidak terlampaui tinggi mencapai 49,7 MW sehingga daya cadangan cukup besar yaitu 14 MW. Daya cadangan dari awal sampai akhir durasi waktu pemeliharaan adalah berimbang. namun tidak digunakan karena jumlah unit yang dijadwalkan hanya 7 dari 22 unit.
- Solusi II dengan durasi waktu pemeliharaan selama 16 minggu atau 4 bulan dengan 5 tahap pengujian olah data yaitu :
 - Tahap 1 : Jumlah unit outage adalah 22 unit. Pengujian olah data hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output terlampaui tinggi mencapai 58,8 MW sehingga daya cadangan sangat kecil yaitu 2,3 MW.
 - Tahap 2 : Jumlah unit outage adalah 18 unit. Pengujian olah data hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output terlampaui tinggi mencapai 56,3 MW sehingga daya cadangan

sangat kecil yaitu 7.4 MW.

- Tahap 3 : Jumlah unit outage adalah 15 unit. Pada tahap 3 kondisi hasil olah data sama dengan tahap 2.
- Tahap 4 : Jumlah unit outage adalah 12 unit. Pengujian olah data hasilnya jumlah daya output cukup tinggi mencapai 52,7 MW sehingga daya cadangan cukup kecil yaitu 11 MW dan daya cadangan yang cukup rendah.
- Tahap 5 : Jumlah unit outage adalah 7 unit. Pengujian olah data hasilnya adalah daya output masih tidak terlampaui tinggi mencapai 49,7 MW sehingga daya cadangan cukup besar yaitu 14 MW. Hasil daya cadangan adalah berimbang, namun tidak digunakan karena jumlah unit yang dijadwalkan hanya 7 dari 22 unit.

Dari ke-2 solusi *LRCM* diatas maka dipakai salah satu solusi yang terbaik untuk jadwal pemeliharaan unit pembangkit. Solusi I tahap 4 merupakan yang terbaik karena dari 22 unit dapat dijadwalkan 12 unit pembangkit untuk pemeliharaan.

D. Levelized Reserve Rate Method (*LRRM*)

Metode *LRR* memiliki proses atau langkah-langkah penyusunan jadwalnya sama. Ada sedikit perbedaan dimana pada metode *LRR*, rating atau presentase tingkat nilai daya cadangan dari awal pemeliharaan sampai akhir pemeliharaan dihitung. Pada kondisi beban tinggi tidak terjadi penjadwalan pemeliharaan.

- Solusi I dengan metode *LRRM*. Durasi waktu pemeliharaan selama 24 minggu atau 6 bulan dengan 5 tahap pengujian olah data yaitu :
 - Tahap 1 : Jumlah unit outage adalah 22 unit. Pengujian olah data hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output terlampaui tinggi mencapai 57,4 MW sehingga daya cadangan sangat kecil yaitu 6.3 MW dan hasilnya tidak berimbang.
 - Tahap 2 : Jumlah unit outage adalah 18 unit. Pengujian olah data hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output masih terlampaui tinggi mencapai 53,5 MW sehingga daya cadangan cukup kecil yaitu 10.2 MW dan hasilnya tidak berimbang.
 - Tahap 3 : Jumlah unit outage adalah 15 unit. Pada tahap 3 kondisi hasil olah data sama dengan tahap 2
 - Tahap 4 : Jumlah unit outage adalah 12 unit. Pengujian olah data hasilnya dapat digunakan karena, jumlah daya output masih tidak terlampaui tinggi mencapai 50,1 MW sehingga daya cadangan cukup besar yaitu 13.6 MW dan hasilnya sangat berimbang. Hasil olah data dapat dilihat pada IV.
 - Tahap 5 : Jumlah unit outage adalah 7 unit. Pengujian olah data hasilnya adalah daya output tidak terlampaui tinggi mencapai 49,7 MW sehingga daya cadangan cukup besar yaitu 14 MW. Daya cadangan dari awal sampai akhir durasi waktu pemeliharaan adalah berimbang, namun

tidak digunakan karena jumlah unit yang dijadwalkan hanya 7 dari 22 unit.

- Solusi II dengan metode *LRRM*. Durasi waktu pemeliharaan selama 16 minggu atau 4 bulan dengan 5 tahap pengujian olah data yaitu :
 - Tahap 1 : Jumlah unit outage adalah 22 unit. Pengujian olah data didapatkan hasil jadwal pemeliharaan unit pembangkit, namun hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output terlampaui tinggi mencapai 58,8 MW sehingga daya cadangan sangat kecil yaitu 2,3 MW dan hasilnya tidak berimbang.
 - Tahap 2 : Jumlah unit outage adalah 18 unit. Pengujian olah data hasilnya tidak dapat digunakan karena, jumlah daya output terlalu tinggi mencapai 56,3 MW sehingga daya cadangan sangat kecil yaitu 7,4 MW dan hasilnya tidak berimbang.
 - Tahap 3 : Jumlah unit outage adalah 15 unit. Hasil olah data sama dengan pada tahap 2 dengan jumlah daya output dan cadangan daya yang sama.
 - Tahap 4 : Jumlah unit outage adalah 12 unit. Pengujian olah data hasilnya jumlah daya output masih cukup tinggi mencapai 53 MW sehingga daya cadangan cukup kecil yaitu 10,7 MW dan hasilnya cukup berimbang dari awal sampai akhir durasi waktu pemeliharaan.
 - Tahap 5 : Jumlah unit outage adalah 7 unit. Hasil olah data daya output tidak terlampaui tinggi mencapai 49,7 MW sehingga daya cadangan cukup besar yaitu 14 MW. Hasil daya cadangan dari awal sampai akhir durasi waktu pemeliharaan adalah berimbang.

Solusi I tahap 4 *LRRM* merupakan yang terbaik sama dengan solusi I tahap 4 *LRCM*. Solusi ini dipilih karena dari 22 unit dapat dijadwalkan 12 unit pembangkit untuk pemeliharaan. Sehingga jika dijadwalkan pada periode berikut 12 unit sudah dapat dioperasikan dan saling menutupi unit yang lain agar cadangan daya dapat tersedia.

Dari ke 2 metode *LRC* dan *LRR* yang sudah terpilih maka dipilih lagi suatu jadwal pemeliharaan yang sangat terbaik untuk dipakai atau dijadikan sebagai jadwal pemeliharaan, yaitu pada solusi I tahap 4 *LRCM*. Solusi ini sangat tepat karena nilai daya cadangan berimbang dan hanya memiliki 2 minggu terakhir terjadi kekosongan jadwal unit, sehingga minggu tersebut dapat digunakan untuk proses penyusunan jadwal pemeliharaan untuk periode berikutnya. susunan jadwal unit pemeliharaan terlihat pada Tabel V diakhir halaman.

Hasil Penjadwalan dan pemeliharaan dari 12 unit pembangkit dapat dilakukan dengan mendapatkan jadwal terbaik. Unit pembangkit kapasitas besar memiliki waktu pemeliharaan yang panjang. Untuk unit pembangkit kapasitas kecil memiliki waktu pemeliharaan yang pendek. Durasi waktu pemeliharaan dari masing-masing unit pembangkit yang dijadwalkan dapat dilihat pada tabel VI.

TABEL VI
DURASI WAKTU PEMELIHARAAN UNIT PEMBANGKIT
DENGAN METODE *LRC*

No Unit Pembangkit	Kapasitas Unit (MW)	Jangka waktu Pemeliharaan (minggu) Metode Levelized
1	6	4
2	6	4
3	3,8	3
4	3,5	3
5	2,8	3
6	2	2
7	1,8	2
8	1	1
9	1	2
10	1	1
11	1	1
12	1	1

E. Analisis.

Penjadwalan yang telah dilakukan terhadap 12 unit pembangkit dengan cara solusi I dan II masing-masing diproses 5 tahapan pengujian, hasil perimbangan daya cadangan dapat di analisa sebagai berikut ;

- Dari ke 2 solusi *LRCM* dan masing-masing 5 tahap, maka pada solusi I tahap 4 merupakan model penjadwalan yang paling baik. Solusi tersebut dipilih disebabkan sebagai berikut:
 - Perimbangan daya cadangan yang didapatkan cukup memadai ketersediannya yaitu dari 13,9 MW – 16,2 MW. Rata-rata per minggu daya cadanga terbanyak adalah 15,2 MW - 15,8 MW. Dengan demikian kriteria dari metode *LRCM* dapat tercapai yaitu $\Delta P_i = \Delta P_j$.
 - Pemeliharaan dapat dilakukan terhadap ½ (setengah) dari jumlah unit dari 22 unit pembangkit yaitu 12 unit pembangkit. Dengan banyaknya jumlah unit yang di rawat maka kinerja masing-masing unit akan optimal.
 - Kapasitas unit yang besar diberikan waktu pemeliharaan 3 sampai 4 minggu. Dibuat demikian karena semakin besar kapasitas maka konstruksinya juga semakin besar.
- Dari ke 2 solusi *LRRM* dan masing-masing 5 tahap, maka pada solusi I tahap 4 merupakan model penjadwalan yang paling baik. Solusi tersebut dipilih disebabkan sebagai berikut:
 - Perimbangan rating daya cadangan yang cukup memadai ketersediannya yaitu dari 0,28% sampai 0,37%. Rata-rata per minggu rating daya cadanga terbanyak adalah 0,33%. Dengan demikian kriteria dari metode *LRRM* dapat tercapai yaitu $\Delta P_i^* = \Delta P_j^*$.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan untuk optimalisasi jadwal pemeliharaan dan perawatan unit pembangkit dengan dua metode yaitu metode *LRC* dan metode *LRR*, dalam penulisan tesis ini dengan kesimpulan sebagai berikut :

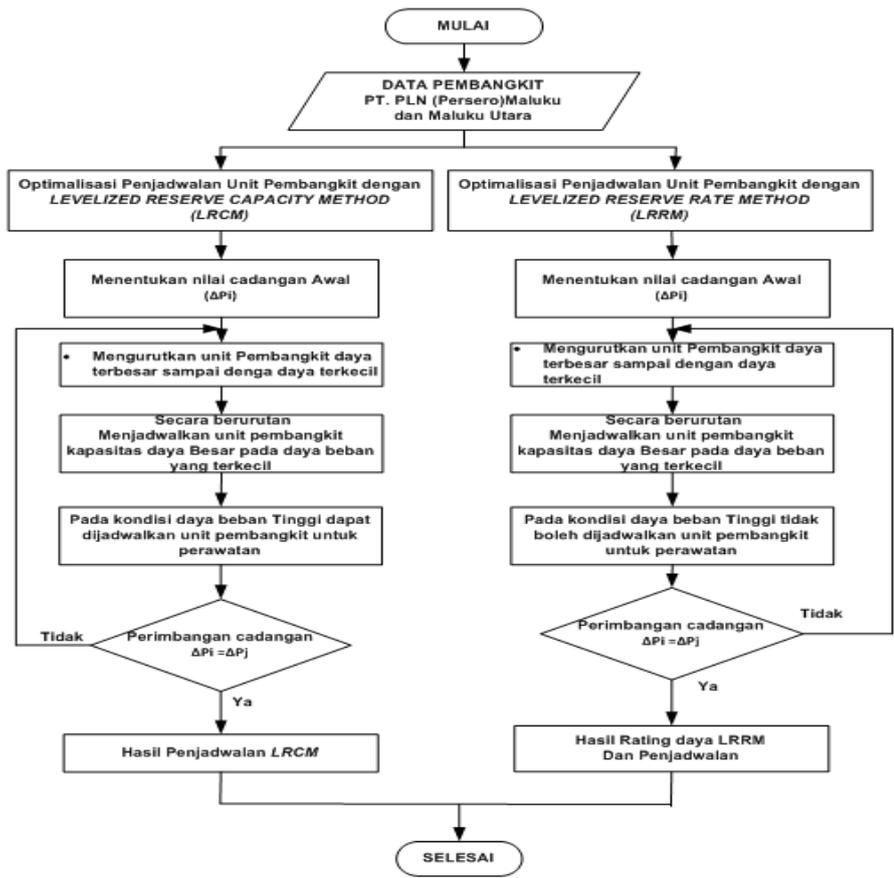
- Dengan algoritma dari metode *LRC* dan *LRR* maka dapat didesain alat bantu dari perangkat lunak.
- Dari ke-2 solusi metode *LRC* dan *LRR* yang digunakan dapat diambil yang terbaik hasil susun jadwal pemeliharaan yaitu solusi I tahap 4 *LRC* dan solusi I tahap 4 *LRR*.
- Hasil perhitungan antara metode *LRC* dan *LRR* maka ketentuan dari algoritma metode $\Delta P_i = \Delta P_j$ dan $\Delta P_i^* = \Delta P_j^*$ dapat terpenuhi.
- Pada metode *LRR* hasil rating daya cadangan tertinggi yaitu pada awal sebelum dijadwalkan 0,53% dan rating tertinggi setelah penjadwalan adalah 0,39%.
- Dengan ketersediaan daya cadangan di setiap durasi waktu jadwal pemeliharaan, maka optimalisasi dapat diwujudkan sebagai berikut :
 - Dapat mengoptimalkan proses pemadaman sumber listrik, karena unit pembangkit yang dikeluarkan dengan kapasitas daya tertentu untuk pemeliharaan, tidak mempengaruhi nilai cadangan daya yang tersedia.
 - Dapat mengoptimalkan kinerja unit Pembangkit sesuai jadwal yang ditetapkan sehingga masa pakai unit pembangkit bertambah lama. Alasannya jika tidak dijadwalkan akan terjadi kerja unit pembangkit yang dipaksakan.

VI. REFERENSI

- [1] A.Firmansyah (2007); Dasar-dasar Pemograman Matlab., Komunitas eLearning IlmuKomputer.Com.
- [2] Das., K.K., Senior Member IEE, Power Grid Cooperation of India Limited SRLDC, Bangalore, and D. Acharya., Indian Institute of Technology Kharagapur, India. (1999) ; *Optimal Preventive Maintenance Polisy For Maximizing Generation Of Thermal Power plants.*, IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 14, No 4.
- [3] Dahal, K.P., and J.R. McDonald (1997)., *Generator Maintenance Sceduling Of Electric Power Systems Using Genetic Algorithms With Integer Representation.*, Centre for Electrical Power Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, UK., *Conference Publication No. 446, @ IEEE.*
- [4] Harun, N. Prof. Dr. MS, Ir, (2011) ; Bahan Ajar Perancangan Pembangkit Tenaga Listrik. Teknik Elektro Universitas Hasanudin.
- [5] Krishnasamy. L, Khan. F and Haddara M (2005); *Development of a risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant.*, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St John's, NL, Canada A1B 3X5, Elsevier Ltd. All rights reserved.
- [6] Marsudi, D. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Kedua, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7] Priyatna D, Ir. MSE (2000); Keandalan Dan Perawatan., Institut Sepuluh Nopember. (ITS)Surabaya.
- [8] Wang, X.F, Y. Song, and M. Irving. 2008. *Modern Power Systems Analysis*, Springer Science+Business Media, LLC., USA.
- [9] X. Wang dan J.R. McDonald. 1994. *Modern Power Systems Planning.*, McGraw-Hill Book Company. London.
- [10] Yare, Y. *Student Member, IEEE*, and G.K. Venayagamoorthy, *Senior Member, IEEE (2008)*; *A Differential Evolution Approach to Optimal Generator Maintenance Scheduling Á of the Nigerian Power System.* Department of Electrical and Computer Engineering, University of Missouri, Rolla, MO 65409-0249 USA.

TABEL III
 .SOLUSI I TAHAP 4 LRCM

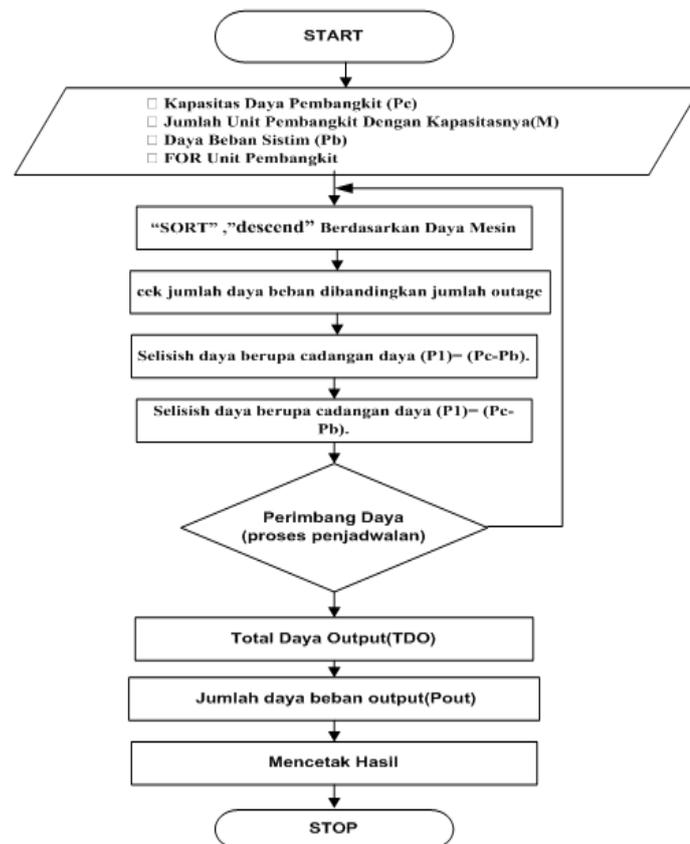
NO	TKK	BEBAN	P1	UNIT OUTAGE												TDO	P2	Pout		
				M3	M4	M7	M8	M9	M11	M12	M14	M17	M19	M20	M22					
1	63700	43900	19800	0	0	3800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3800	16000	47700
2	63700	46300	17400	0	0	3800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3800	13600	50100
3	63700	44300	19400	0	0	3800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3800	15600	48100
4	63700	44900	18800	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	1000	0	0	0	0	3800	15800	47900
5	63700	44950	18750	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	1000	0	0	0	3000	15750	47950
6	63700	46400	17300	0	0	0	0	0	0	1800	0	0	0	0	0	0	0	1800	15500	48200
7	63700	46500	17200	0	0	0	0	0	0	1800	0	0	0	0	0	0	0	1800	15400	48300
8	63700	45300	18400	0	0	0	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	14900	48800
9	63700	44500	19200	0	0	0	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	15700	48000
10	63700	45250	18450	0	0	0	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	14950	48750
11	63700	45400	18300	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2800	15500	48200
12	63700	45300	18400	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2800	15600	48100
13	63700	44500	19200	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	3800	15400	48300
14	63700	43500	20200	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14200	49500
15	63700	42000	21700	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	15700	48000
16	63700	43250	20450	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14450	49250
17	63700	41500	22200	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	7000	15200	48500
18	63700	43700	20000	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14000	49700
19	63700	43600	20100	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14100	49600
20	63700	43500	20200	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14200	49500
21	63700	43800	19900	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	13900	49800
22	63700	46500	17200	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	1000	16200	47500
23	63700	47900	15800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15800	47900
24	63700	49700	14000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14000	49700



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

TABEL IV
SOLUSI I TAHAP 4 LRRM

NO	TKK	BEBAN	P1	UNIT OUTAGE												TDO	P2	Pout	
				M3	M4	M7	M8	M9	M11	M12	M14	M17	M19	M20	M22				
1	63700	43900	19800	0	0	3800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3800	16000	47700
2	63700	46300	17400	0	0	3800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3800	13600	50100
3	63700	44300	19400	0	0	3800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3800	15600	48100
4	63700	44900	18800	0	0	0	0	0	2000	0	1000	0	0	0	0	0	3000	15800	47900
5	63700	44950	18750	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	1000	0	0	3000	15750	47950
6	63700	46400	17300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	1000	16300	47400	
7	63700	46500	17200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	1000	16200	47500	
8	63700	45300	18400	0	0	0	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	14900	48800
9	63700	44500	19200	0	0	0	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	15700	48000
10	63700	45250	18450	0	0	0	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	14950	48750
11	63700	45400	18300	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	2800	15500	48200
12	63700	45300	18400	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	2800	15600	48100
13	63700	44500	19200	0	0	0	0	2800	0	0	0	0	0	0	0	0	2800	16400	47300
14	63700	43500	20200	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14200	49500
15	63700	42000	21700	6000	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	7000	14700	49000
16	63700	43250	20450	6000	0	0	0	0	0	1800	0	0	0	0	0	0	7800	12650	51050
17	63700	41500	22200	6000	0	0	0	0	0	1800	0	0	0	0	0	0	7800	14400	49300
18	63700	43700	20000	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14000	49700
19	63700	43600	20100	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14100	49600
20	63700	43500	20200	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	14200	49500
21	63700	43800	19900	0	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	13900	49800
22	63700	46500	17200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17200	46500
23	63700	47900	15800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15800	47900
24	63700	49700	14000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14000	49700



Gambar 2. Diagram alir Algoritma pemrograman

TABEL V
JADWAL PEMELIHARAAN UNIT PEMBANGKIT DENGAN METODE LRC

No	Minggu	Kapasitas (MW)	Beban (MW)	No Unit	Unit Outage (MW)	Cdngan bersih (MLRC)	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
							2	3	6	8	9	10	12	14	17	19	20	22
1	1	63,700	43900	2	6,000	16,000	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	63,700	46300	3	6,000	13,600	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	63,700	44300	6	3,800	15,600	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	63,700	44900	8	3,500	14,800	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	5	63,700	44950	10	2,800	15,750	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
6	6	63,700	46400	11	2,000	15,500	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7	7	63,700	46500	13	1,800	15,400	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
8	8	63,700	45300	14	1,000	14,900	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	9	63,700	44500	17	1,000	15,700	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	63,700	45250	19	1,000	14,950	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
11	11	63,700	45400	21	1,000	15,500	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
12	12	63,700	45300	22	1,000	15,600	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
13	13	63,700	44500			15,400	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
14	14	63,700	43500			14,200	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	15	63,700	42000			15,700	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	16	63,700	43250			14,450	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	17	63,700	41500			15,200	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
18	18	63,700	43700			14,000	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	19	63,700	43600			14,100	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	20	63,700	43500			14,200	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	21	63,700	43800			13,900	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	22	63,700	46500			16,200	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
23	23	63,700	47900			15,800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	24	63,700	49700			14,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0