



**PENGOPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)  
DENGAN POLA OPERASI *OUTFLOW* MENGGUNAKAN  
METODE *LINEAR PROGRAMMING*  
(Studi Kasus : PLTA Batang Agam Sumatera Barat)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



**UIN SUSKA RIAU**

Oleh :

**TOLAAL BADRI ALAINA**

**11750514678**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU**

**PEKANBARU**

**2021**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGOPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)  
DENGAN POLA OPERASI *OUTFLOW* MENGGUNAKAN  
METODE *LINEAR PROGRAMMING*  
(Studi Kasus : PLTA Batang Agam Sumatera Barat)**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**TOLAAL BADRI ALAINA**

**11750514678**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 25 Juni 2021

**Ketua Program Studi**

**Ewi Ismaredah S. Kom, M. Kom**

**NIP. 19750922 200912 2 002**

**Pembimbing**

Digitally signed  
by Marhama  
Jelita  
Date: 2021.06.29  
09:14:03 +07'00'

**Marhama Jelita, S. Pd., M. Sc**

**NIP/NIK. 130517054**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGOPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)  
DENGAN POLA OPERASI *OUTFLOW* MENGGUNAKAN  
METODE *LINEAR PROGRAMMING*  
(Studi Kasus : PLTA Batang Agam Sumatera Barat)**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**TOLAAL BADRI ALAINA**

**11750514678**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji

Tugas Akhir sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
di Pekanbaru, pada tanggal 25 Juni 2021

Pekanbaru, 25 Juni 2021

Mengesahkan,

Dekan

Ketua Program Studi

**Dr. Ahmad Darmawi, M. Ag**

**Ewi Ismaredah S.Kom, M.Kom**

**NIP. 19660604 199203 1 004**

**NIP.19750922 200912 2 002**

Dewan Penguji :

Ketua : Arif Marsal, LC. MA

Sekretaris : Marhama Jelita, S. Pd., M. Sc

Anggota I : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T

Anggota II : Dr. Liliana S.T., M.Eng

Digitally signed  
by Marhama  
Jelita  
Date: 2021.06.29  
12:44:46 WIB  
Digitally  
signed by  
Liliana  
Tanggal:  
2021.06.29  
12:44:46 WIB

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Himpunan mahasiswa UIN Suska Riau

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau



## LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 25 Juni 2021

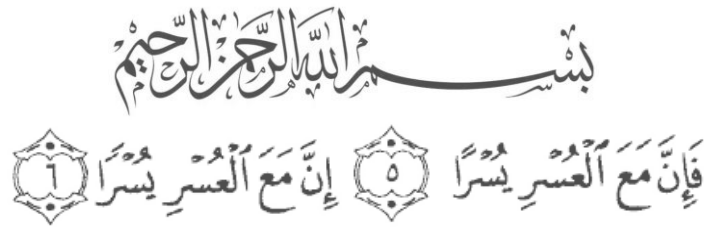
Yang membuat pernyataan,

**Tolaal Badri Alaina**

**NIM.11750514678**

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## LEMBAR PERSEMBAHAN

*“Karena sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan” (Q.S Al Insyirah : 5 - 6).*

*“ Untuk Ibu, Ibu Ermadarwalis tercinta dan Papa Terhormat Darmis, Karya ini kupersembahkan untuk Ibu dan Papa tercinta”*

Alhamdulillah puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, yang selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam ucapkan kepada nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah hingga zaman Islamiah yang dapat kita rasakan pada saat sekarang ini.

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk orang tua saya yang telah memberikan segalanya kepada saya dan berkorban apapun untuk keberhasilan saya sehingga menjadikan saya anak yang mandiri dan terdidik, dengan kerja keras dan do’a – do’a yang selalu Ibu, Papa panjatkan didalam sujudmu demi masa depan anakmu. Semoga dengan menyelesaikan masa belajar ini kami berharap bisa menjadi kebanggaan untukmu. Ucapan terimakasih yang sangat besar bagi dosen pembimbing Ibu Marhama Jelita ,S.Pd., M.Sc., yang selalu senantiasa membimbing saya dan memberikan semangat dalam penyelesaian karya ini, dan saudara perjuangan Teknik Elektro 2017 yang telah banyak memberikan inspirasi dan pengalaman yang bermanfaat. Semoga Allah limpahkan keberkahan, kesehatan dan umur yang panjang, tak sedikitpun jasa mu mampu terbalaskan, begitu luas dan dalam.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**PENGOPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)  
DENGAN POLA OPERASI *OUTFLOW* MENGGUNAKAN  
METODE *LINEAR PROGRAMMING*  
(Studi Kasus : PLTA Batang Agam Sumatera Barat)**

**TOLAAL BADRI ALAINA**

**NIM. 11750514678**

**Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru**

**ABSTRAK**

Pelimpahan pada kolam Tando PLTA Batang Agam terjadi pada kondisi curah hujan yang sangat tinggi seperti bulan November 2019 dan Desember 2019, sehingga air yang berlimpah langsung di buang ke tail race, akibatnya pemanfaatan air pada kolam Tando kurang optimal. Untuk mengurangi terjadinya pelimpahan dan mengoptimalkan pemanfaatan air kolam Tando, maka penelitian ini menawarkan metode optimasi berupa peningkatan pola operasi *outflow* dengan sistem *monitoring* menggunakan *linear programming*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimasi produksi energi listrik yang dihasilkan dan memberikan sebuah sistem yang mampu *me-monitoring* kondisi elevasi dan volume kolam Tando. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa Peningkatan *Outflow* Dengan *Monitoring System* Menggunakan *Linear Programming*. Dari penerapan metode ini yang dilakukan pada pengoperasian PLTA Batang Agam tahun 2019 memberikan hasil berupa peningkatan produksi energi listrik, peningkatan efisiensi turbin generator, mampu mengetahui elevasi, volume, jari-jari permukaan kolam Tando dan mengurangi terjadinya pelimpahan pada kolam Tando PLTA Batang Agam. Hasil dari penelitian ini menunjukkan terjadinya pelimpahan pada bulan November 2019 dengan rata-rata elevasi 682,22 mdpl dengan volume rata-rata 108826,63 m<sup>3</sup> dan bulan Desember 2019 dengan rata-rata elevasi 682,63 mdpl dengan volume rata-rata 119777,26 m<sup>3</sup> dengan terjadi peningkatan energi listrik yang dihasilkan dari 44,68 GWh/tahun menjadi 45,54 GWh/tahun, peningkatan efisiensi turbin generator 1,3% dari 77,42% menjadi 78,38%, dan peningkatan pendapatan biaya (*income*) sebesar Rp.965.678.790/tahun, sehingga total produksi energi listrik dan pendapatan (*income*) meningkat sebesar 2% pada tahun 2019. Penerapan metode optimasi dengan meningkatkan pola operasi *outflow* dengan *monitoring* sistem menggunakan *linear programming* terbukti dapat melakukan pengoptimasi pada PLTA Batang Agam dan dapat mengurangi terjadinya pelimpahan air pada kolam Tando.

Kata kunci : Optimasi, *Outflow*, *linear programming*, Produksi energi listrik, efisiensi, *Monitoring system*





# OPTIMIZER OF HYDROPOWER PLANT (HPP) WITH OUTFLOW OPERATION PATTERN USING LINEAR PROGRAMMING METHOD (Case Study: Batang Agam Hydropower Plant, West Sumatra)

**TOLAAL BADRI ALAINA**  
**NIM. 11750514678**

*Department of Electrical Engineering  
Faculty of Science and Technology  
Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University,  
Riau Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

## **ABSTRAC**

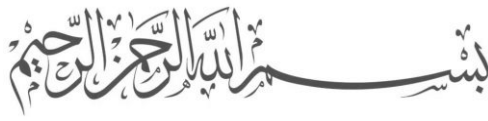
*The devolution of the Tando pond for the Batang Agam hydropower plant occurred in conditions of very high rainfall, such as November 2019 and December 2019, so that abundant water was immediately dumped into the tail race, resulting in less than optimal use of water in the Tando pond. To reduce the occurrence of overflow and optimize the utilization of Tando pond water, this study offers an optimization method in the form of increasing the outflow operating pattern with a monitoring system using linear programming. The purpose of this research is to optimize the production of electrical energy generated and provide a system that is able to monitor the condition of the elevation and volume of the Tando pond. The method used in this research is in the form of increasing outflow by monitoring the system using linear programming. From the application of this method, which was carried out in the operation of the Batang Agam hydropower plant in 2019, the results in the form of increasing electrical energy production, increasing turbine generator efficiency, being able to determine the elevation, volume, and surface radius of the Tando pool and reducing the occurrence of spillage in the Tando pool of the Batang Agam hydropower plant. The results of this study indicate the occurrence of overflow in November 2019 with an average elevation of 682,22 masl with an average volume of 108826,63 m<sup>3</sup> and in December 2019 with elevation of 682,63 masl with an average volume of 119777,26 m<sup>3</sup> with an increase in electrical energy generated from 44.68 GWh/year to 45.54 GWh/year, an increase in turbine generator efficiency 1,3% from 77.42% to 78.38%, and an increase in income of Rp. 965.678.790/year, so that total electricity production and income increased by 2 % in 2019. The application of the optimization method by increasing the outflow operating pattern by monitoring the system using linear programming is proven to be able to optimize the Batang Agam hydropower plant and can reduce the occurrence of water overflow in the Tando pond.*

*Keywords: Optimization, Outflow, linear programming, Electrical energy production, efficiency, Monitoring system*





## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Salawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan alam, pembawa cahaya bagi kehidupan manusia yakni nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin umat yang patut diteladani bagi seluruh umat yang ada di dunia hingga akhir zaman.

Penulisan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Atas berkat rahmat dan ridho Allah SWT penulis dapat Menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Pengoptimasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Dengan Pola Operasi *Outflow* Menggunakan Metode *Linear Programming* (Studi Kasus : PLTA Batang Agam Sumatera Barat).

Sudah menjadi ketentuan bagi setiap mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada program Sarjana S1 di UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir. Pada proses pembuatan Tugas Akhir banyak penulis dapatkan masukan yang membantu penulis dalam menyelesaikannya, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, baik itu berupa bantuan moral, materi, atau berupa pikiran yang tidak akan pernah terlupakan. Antara lain kepada:

1. Ibunda tercinta Ermadarwalis, Ayahanda terhormat Darmis yang telah memberikans semangat, dukungan moril, maupun materil dan doa kepada penulis.
2. Saudara kandung saya Yefrina Wati, Deni Dasril, Ayu Novita Sari, Nenek Jusnani, Mamak Safri Darnis, dan Ibu Marhama Jelita, S. Pd., M.Sc. yang telah memberikan dukungan moril dan materil serta penyemangat saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.



3. Sahabat serta Saudara seperjuangan Utama Hadi yang telah memberikan fasilitas, saran dan masukan serta teman-teman Teknik Elektro 2017 yang telah memberi motivasi yang sangat berharga kepada saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
  4. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, M. Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
  5. Bapak Dr. Ahmad Darmawi, M. Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
  6. Ibu Ewi Ismaredah, S. Kom., M.Kom. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi pada Jurusan Teknik Elektro menjadi lebih baik dan efektif.
  7. Ibu Marhama Jelita ,S.Pd., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan banyak waktu serta pemikirannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Pada penyelesaiannya, melalui beliau penulis mendapatkan pengetahuan yang sangat berharga, dengan keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan penjelasan dari nol hingga penulis menjadi paham sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
  8. Arif Marsal, LC, MA. selaku ketua sidang Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
  9. Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
  10. Dr.Liliana S.T, M.Eng. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
  11. Teman seperjuangan Teknik Elektro 2017 yang telah memberikan dorongan, membantu, menemani dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
  12. Serta seluruh pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Atas jasa-jasa yang telah diberikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini mampu diselesaikan sesuai prosedur yang berlaku di Jurusan Teknik Elektro. Tanpa bantuan dan dorongan yang diberikan, penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini, oleh sebab itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah meluangkan





waktunya, hanya Allah SWT yang mampu membalas niat baik dan keikhlasan dengan sempurna. Semoga dengan keikhlasanmendapat balasan dari Allah SWT. Penulis mengharapkan dengan adanya Tugas Akhir ini mampu memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Pada penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT dan kekurangan datang dari penulis. Dalam hal ini penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan ilmu, pengalaman dan pengetahuan penulis dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini, maka dari itu untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini penulis mengharapkan kritikan dan saran kepada semua pihak yang sifatnya membangun.

Pekanbaru, 25 Juni 2021

**Tolaal Badri Alaina**

UIN SUSKA RIAU

- Ha Cira Dandungi Uidang-Uidang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAC .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMBANG ATAU NOTASI .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.2 Rumusan Masalah .....	I-5
1.3 Tujuan Penelitian .....	I-5
1.4 Batasan Masalah .....	I-6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	II-1
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).....	II-5
2.3 Prinsip Kerja PLTA .....	II-6
2.4 Turbin Air PLTA .....	II-7
2.5 Generator .....	II-9
2.6 Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Generator.....	II-11
2.6.1 Daya yang Dihasilkan Generator .....	II-11
2.6.2 Efisiensi Turbin Generator (Efisiensi Sistem Pembangkit).....	II-12
2.6.3 Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	II-12
2.7 Rumus Volume Kerucut Dan Kerucut Terpancung.....	II-12
2.7.1 Luas Alas (luas lingkaran) .....	II-13
2.7.2 Volume Kerucut .....	II-13
2.7.3 Segitiga Sebangun .....	II-13

Hak Cipta dilindungi undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7.4	Kerucut Sebangun .....	II-14
2.7.5	Kerucut Terpancung.....	II-14
2.8	Program Linier Dan Microsoft Excel .....	II-14
2.8.1	Volume bertambah atau berkurang pada kolam Tando .....	II-15
2.8.2	Volume kolam Tando pada waktu (t).....	II-15
2.8.3	Jari-jari permukaan kolam Tando pada waktu (t) .....	II-15
2.8.4	Tinggi X (jarak dari elevasi volume pasif kolam Tando) pada waktu (t)..	II-15
2.8.5	Tinggi elevasi kolam Tando pada waktu (t) .....	II-15
2.9	Model Optimasi.....	II-15

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Lokasi Penelitian .....	III-1
3.2	Alur Proses Penelitian.....	III-1
3.3	Tahap Perencanaan .....	III-3
3.3.1	Identifikasi Masalah .....	III-3
3.3.2	Penentuan Judul Penelitian .....	III-3
3.3.3	Tujuan Penelitian.....	III-3
3.3.4	Manfaat Penelitian.....	III-4
3.4	Studi Literatur .....	III-4
3.5	Pengumpulan Data .....	III-4
3.5.1	Data Sekunder.....	III-4
3.6	Perhitungan Sebelum Optimasi.....	III-10
3.6.1	Efisiensi Turbin dan Generator .....	III-10
3.6.2	Produksi Energi Listrik Yang Dihasilkan .....	III-10
3.6.3	Pendapatan ( <i>income</i> ) Yang Dihasilkan.....	III-10
3.7	<i>Monitoring Outflow</i> Menggunakan Program Linear .....	III-10
3.7.1	Spesifikasi Besaran Kolam Tando PLTA Batang Agam.....	III-12
3.7.2	Menentukan formula dan kalkulasi pada Microsoft Excel .....	III-14
3.7.3	Menginput data menjadi model program linear .....	III-16
3.8	Analisis Optimasi .....	III-20
3.9	Apakah Produksi Energi Listrik Sudah Optimal.....	III-21

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Perhitungan Sebelum Optimasi.....	IV-1
4.1.1	Efisiensi Turbin dan Generator Sebelum Optimasi.....	IV-1
4.1.2	Produksi Energi Listrik Sebelum Optimasi .....	IV-5



4.1.3	Pendapatan ( <i>income</i> ) Yang Dihasilkan Sebelum Optimasi.....	IV-6
4.2	<i>Monitoring Outflow</i> Menggunakan Program Linear .....	IV-6
4.2.1	Menghitung Besaran Spesifikasi Kolam Tando .....	IV-7
4.2.2	Menginput Formula Dan Kalkulasi Microsoft Excel.....	IV-9
4.2.3	Menginput Data Menjadi Program Linear .....	IV-15
4.2.4	<i>Monitoring outflow</i> menggunakan program linear.....	IV-19
4.3	Optimasi Menggunakan Model Program Linear .....	IV-22
4.4	Analisa Hasil Optimasi .....	IV-27
4.5	Perbandingan Hasil Optimasi dan Sebelum Optimasi.....	IV-35

**BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran .....	V-1

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konversi energi pada PLTA.....	II-7
Gambar 2. 2 Turbin kaplan.....	II-8
Gambar 2. 3 Turbin pelton.....	II-8
Gambar 2. 4 Konstruksi umum generator.....	II-11
Gambar 2. 5 Prinsip kerja generator sinkron.....	II-11
Gambar 2. 6 Kerucut dan kerucut terpancung.....	II-13
Gambar 3. 1 Lokasi PLTA Batang Agam.....	III-1
Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian.....	III-3
Gambar 3. 3 Flowmeter PLTA Batang Agam.....	III-6
Gambar 3. 4 Tampilan Pengukuran Flowmeter.....	III-7
Gambar 3. 5 Flowchart Simulasi.....	III-11
Gambar 3. 6 Bentuk Sederhana dari kolam Tando PLTA Batang Agam.....	III-12
Gambar 3. 7 Formula untuk menghitung volume yang berkurang atau bertambah.....	III-14
Gambar 3. 8 Formula untuk menghitung volume yang tersisa.....	III-15
Gambar 3. 9 Formula untuk menentukan jari-jari permukaan sekarang.....	III-15
Gambar 3. 10 Formula untuk menentukan tinggi X (jarak dari elevasi volume pasir).....	III-16
Gambar 3. 11 Formula untuk menentukan tinggi elevasi kolam Tando pada waktu (t).....	III-16
Gambar 3. 12 Input volume maksimal ke model program linear.....	III-17
Gambar 3. 13 Input volume minimal ke model program linear.....	III-18
Gambar 3. 14 Input elevasi maksimal ke model program linear.....	III-18
Gambar 3. 15 Input elevasi maksimal ke model program linear.....	III-19
Gambar 3. 16 Input Volume pengoperasian ke model program linear.....	III-20
Gambar 3. 17 Input Volume pengoperasian ke model program linear.....	III-20
Gambar 4. 1 Formula head PLTA Batang Agam.....	IV-10
Gambar 4. 2 Formula efisiensi turbin generator.....	IV-10
Gambar 4. 3 Formula tinggi jarak (x).....	IV-11
Gambar 4. 4 Formula jari-jari permukaan kolam Tando.....	IV-11
Gambar 4. 5 Formula volume air kolam Tando.....	IV-12
Gambar 4. 6 Formula optimasi volume yang bertambah dan berkurang.....	IV-12
Gambar 4. 7 Formula optimasi volume air kolam Tando.....	IV-13
Gambar 4. 8 Formula optimasi jari-jari permukaan air kolam Tando.....	IV-13
Gambar 4. 9 Formula optimasi tinggi jarak (x).....	IV-14
Gambar 4. 10 Formula optimasi elevasi kolam Tando.....	IV-14
Gambar 4. 11 Formula daya optimasi.....	IV-15
Gambar 4. 12 Penginputan data ke dalam Microsoft Excel.....	IV-16
Gambar 4. 13 Hasil pengolahan data inputan.....	IV-17
Gambar 4. 14 Hasil pengolahan data menjadi model linear.....	IV-19
Gambar 4. 15 Hasil pengoperasian menggunakan <i>monitoring</i> system.....	IV-21
Gambar 4. 16 Model linear pelimpahan bulan November 2019.....	IV-24
Gambar 4. 17 Model linear pelimpahan bulan Desember 2019.....	IV-25
Gambar 4. 18 Peningkatan <i>outflow</i> bulan November 2019.....	IV-26
Gambar 4. 19 Peningkatan <i>outflow</i> bulan Desember 2019.....	IV-27

Gambar 4. 20 Model linear hasil optimasi bulan November 2019 ..... IV-29  
Gambar 4. 21 Model linear hasil optimasi bulan Desember 2019 ..... IV-31



- Hak Cipta Diindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Turbin Berdasarkan Head.....	II-9
Tabel 3.1	Elevasi PLTA Batang Agam. ....	III-5
Tabel 3.2	Head PLTA Batang Agam.....	III-5
Tabel 3.3	Pengukuran debit <i>inflow</i> dan <i>outflow</i> menggunakan flowmeter .....	III-7
Tabel 3.4	Beban Pembangkit PLTA Batang Agam .....	III-8
Tabel 3.5	Spesifikasi Kolam Tando PLTA Batang Agam .....	III-9
Tabel 3.6	Pengoperasian debit aliran .....	III-9
Tabel 3.7	Spesifikasi kolam Tando PLTA Batang Agam .....	III-13
Tabel 4.1	Daya hidrolik turbin PLTA Batang Agam tahun 2019 .....	IV-2
Tabel 4.2	Rata-rata Daya Output Januari 2019 .....	IV-2
Tabel 4.3	Daya keluaran generator PLTA Batang Agam tahun 2019 .....	IV-3
Tabel 4.4	Efisiensi turbin generator PLTA Batang Agam tahun 2019.....	IV-4
Tabel 4.5	Total produksi energi listrik PLTA Batang Agam tahun 2019 .....	IV-5
Tabel 4.6	Pendapatan ( <i>income</i> ) PLTA Batang Agam pada tahun 2019 .....	IV-6
Tabel 4.7	Hasil Pengolahan Data PLTA Batang Agam bulan Desember 2019 .....	IV-18
Tabel 4.8	Hasil Optimasi Outflow dengan Monitoring Elevasi dan Volume K.T .....	IV-20
Tabel 4.9	Hasil Pengolahan Data Pengoperasian Bulan November 2019.....	IV-22
Tabel 4.10	Hasil Pengoptimasi Outflow Pada Bulan November 2019.....	IV-28
Tabel 4.11	Hasil Pengoptimasi Outflow Pada Bulan Desember 2019 .....	IV-30
Tabel 4.12	Hasil optimasi daya bulan November 2019.....	IV-32
Tabel 4.13	Hasil optimasi daya bulan Desember 2019 .....	IV-34
Tabel 4.14	Perbandingan efisiensi turbin generator.....	IV-35
Tabel 4.15	Perbandingan produksi energi listrik yang dihasilkan .....	IV-37
Tabel 4.16	Perbandingan pendapatan biaya ( <i>income</i> ) .....	IV-38





## DAFTAR RUMUS

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Daya Hidrolik Turbin.....	II-9
Daya Yang Dihasilkan Generator .....	II-11
Efisiensi Turbin Generator .....	II-12
Daya Pembangkitan Listrik Tenaga Air .....	II-12
Energi Yang Dihasilkan PLTA .....	II-12
Luas Lingkaran.....	II-13
Volume Kerucut .....	II-13
Segitiga Sebangun.....	II-14
Kerucut Sebangun .....	II-14
Kerucut Tarpancung.....	II-14
Volume Bertambah Atau Berkurang Kolam Tando .....	II-15
Volume Kolam Tando Pada Waktu (t) .....	II-15
Jari-Jari Permukaan Pada Waktu (t).....	II-15
Jarak Dari Elevasi Volume Pasif Kolam Tando Pada Waktu (t) .....	II-15
Tinggi Elevasi Kolam Tando Pada Waktu (t) .....	II-15
Pendapatan biaya ( <i>income</i> ) PLTA .....	II-16



## DAFTAR LAMBANG ATAU NOTASI

- Hak Cipta: Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta dilindungi UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

- $\rho$  = Daya Air
- $\rho$  = Massa Jenis Air
- $Q$  = Debit Air
- $H$  = Tinggi Jatuh Air
- $G$  = Percepatan Gravitasi Bumi
- $\phi$  = Fluks Magnet
- $r$  = Kecil Dari
- $P_g$  = Daya Listrik Yang Dihasilkan Generator
- $V$  = Beda Potensial/Tegangan
- $I$  = Kuat Arus
- $P$  = Daya Listrik
- $\eta_{sp}$  = Efisiensi Sistem Pembangkit
- $H_e$  = Tinggi Jatuh Efektif
- $E$  = Energi Listrik
- $V$  = Volume
- $L$  = Luas Lingkaran
- $X$  = Tinggi Jarak Dari Volume Pasif Kolam
- $\phi$  = Phi
- $r$  = Jari-jari Lingkaran
- $t$  = Tinggi Kerucut
- $\Delta$  = Segitiga

UIN SUSKA RIAU



## DAFTAR SINGKATAN

PLTA	=	Pembangkit Listrik Tenaga Air
kWh	=	Kilo Watt Hour
GWh	=	Giga Watt Hour
MW	=	Mega Watt
KW	=	Kilo Watt
CF	=	Capacity Factor
IEA	=	International Energy Agency
DC	=	Direct current
El.	=	Elevasi
KV	=	Kilo Volt
Mdpl	=	Meter Diatas Permukaan Laut
Etg	=	Efisiensi Turbin-Generator

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tulisan ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan alam yang melimpah ruah, terbukti dengan tersedianya berbagai sumber daya alam sampai dengan sumber daya mineral. Salah satu sumber daya alam adalah air. Bagi kehidupan manusia manfaat air sangatlah besar, salah satunya pemanfaatan air sebagai penghasil energi listrik. Pemanfaatan air sebagai penghasil listrik merupakan upaya yang sangat cerdas. Seiring dengan berkurangnya sumber energi berbahan bakar fosil di dunia maka pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti air merupakan solusi untuk membangkitkan energi listrik yang ramah lingkungan, tidak menyebabkan polusi, dan mempunyai sumber energi yang relatif tidak akan habis jika digunakan. Potensi sumber daya air dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi berupa daya listrik yang dapat diolah melalui sebuah sistem pembangkit energi listrik yang disebut Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) [1].

Pusat pembangkitan energi listrik dari air disebut dengan PLTA yang memanfaatkan energi potensial air untuk menggerakkan turbin dan generator untuk menghasilkan listrik. Pengolahan sumber daya air untuk menjadi energi listrik dimulai dengan memanfaatkan energi potensial air atau energi jatuh air yang bergerak dari suatu bendungan atau waduk, sehingga energi potensial tersebut diubah menjadi energi kinetik. Energi kinetik air ini akan berubah menjadi energi mekanik ketika air yang bergerak turun menumbuk sudu-sudu turbin dan menyebabkan turbin serta generator berputar pada porosnya. Selanjutnya energi mekanik akan berubah menjadi energi listrik yang dihasilkan oleh stator dan rotor yang terdapat didalam generator. Pada proses pembangkitan energi listrik di PLTA, ada beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti ketinggian air, debit air yang masuk ke turbin, dan tingkat efisiensi turbin generator [2]. Semakin tinggi efisiensi suatu turbin generator pada suatu PLTA maka semakin besar pula energi listrik yang akan di bangkitkan. Respon yang sangat cepat ketika terjadi kondisi beban puncak dan kondisi gangguan pada pembangkit listrik merupakan salah satu keunggulan dari pembangkit listrik tenaga air ini [2]. PLTA menggunakan air sebagai sumber penghasil energi listrik, sehingga jika dibandingkan dengan pembangkit sumber lain seperti bahan bakar fosil dan batu bara, maka PLTA lebih ekonomis dalam biaya operasionalnya [3].



Disamping keunggulan yang dimiliki PLTA, juga terdapat beberapa permasalahan dan kekurangannya. Salah satu permasalahan yang terdapat pada pengoperasiannya adalah bagaimana berupaya untuk memaksimalkan sumber daya air yang tersedia sehingga mengoptimalkan pembangkitan daya yang dihasilkan. Pengoptimalan produksi listrik perlu dilakukan untuk mencukupi kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat setiap tahunnya seperti di Sumatera Barat sejak tahun 2015 sampai 2024 perikiraan kebutuhan listrik meningkat sebesar 3,59 % setiap tahunnya [4]. Batas ketersediaan air dan jumlah banyaknya air yang tersimpan di kolam Tando sebagai resevoir akan mempengaruhi seberapa besar energi listrik yang bisa di bangkitkan [5]. Permasalahan ini juga dialami oleh PLTA Batang Agam yang terletak di Koto Tengah Batu Hampa, Akabiluru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat.

PLTA Batang Agam mampu membangkitkan energi listrik maksimal sebesar 10,5 MW dengan pembangkit sebanyak 3 unit masing-masing membangkitkan energi listrik maksimal sebesar 3,5 MW. PLTA ini memanfaatkan aliran sungai batang agam yang dikumpulkan pada suatu kolam yang disebut dengan kolam Tando. Kolam ini yang berfungsi untuk menampung air sungai dan juga sebagai resevoir PLTA Batang Agam. Berdasarkan standar pengoperasian saat *comisioning* atau saat pertama kali beroperasi, kolam ini mempunyai tinggi maksimal elevasi air sebesar 682,50 mdpl, tinggi minimal elevasi air sebesar 678 mdpl. Maksimum volume air maksimal yang bisa ditampung 116000 m<sup>3</sup> volume minimal batas operasi adalah 27000 m<sup>3</sup> dengan maksimal luas permukaan 28000 m<sup>2</sup> dan minimal 16000 m<sup>2</sup> [6].

Salah satu permasalahan pada PLTA Batang Agam adalah kurang optimalnya pemanfaatan sumber daya air yang tersedia pada kolam Tando terutama ketika musim penghujan akan terjadi pelimpahan air pada kolam Tando, hal ini terjadi karena *inflow* yang masuk dari *intake weir* dan air hujan yang turun di kolam Tando sangat besar dan tidak di imbangi dengan *outflow* yang keluar dari kolam Tando akibatnya terjadi pelimpahan, sehingga air yang melimpah hanya terbuang sia-sia dan tidak bisa dimanfaatkan. Pada musim hujan akan terjadi pelimpahan air pada kolam Tando PLTA Batang Agam seperti bulan November 2019 dan bulan Desember 2019 namun daya yang mampu dibangkitkan hanya sekitar 7,69 MW pada November 2019 dan 9,71 MW pada bulan Desember 2019 dari 10,5 MW kapasitas terpasang, hal ini karena kurang optimalnya pengoperasian *outflow* PLTA Batang Agam berdasarkan data pengoperasian PLTA Batang Agam [6]. Bapak Afrizal Nurfi selaku supervisor PLTA Batang Agam mengatakan bahwa pelimpahan



tersebut langsung dibuang ke *tailrace* melalui saluran buang di kolam pasir, sehingga air yang berlimpah tersebut tidak bisa diolah dan dimanfaatkan menjadi energi listrik.

Hal ini terjadi karena pola pengoperasian dan *monitoring* kolam Tando masih kurang maksimal yang pada saat ini *monitoring* kolam Tando masih dilakukan secara manual dimonitor setiap satu jam sekali. Solusi *monitoring* elevasi kolam Tando sebelumnya sudah dilakukan dengan menggunakan alat pengukur ketinggian elevasi, namun pada saat sekarang alat pengukur elevasi kolam Tando tersebut sudah rusak akibat terkena lumpur ketika terjadi pelimpahan di kolam Tando, sehingga pengukuran elevasi kolam Tando masih dilakukan secara pengecekan manual setiap jam nya. Ketika terjadi musim hujan maka ketiga unit pembangkit PLTA Batang Agam beroperasi misalnya pada bulan Desember dengan rata-rata energi yang dibangkitkan sebesar 9710,67 kW atau sekitar 9,71 MW dan merupakan produksi energi listrik paling besar oleh PLTA Batang Agam pada tahun 2019. Total Produksi energi listrik PLTA Batang Agam tahun 2019 selama 1 tahun operasi adalah sekitar 44688613 kWh atau sekitar 44,68 Gwh [6].

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan cara memaksimalkan pemanfaat sumber air yang ada di kolam Tando dengan memperhatikan batas elevasi dan ketersediaan air di kolam Tando melalui pengoperasian PLTA dan standar pengoperasian mengacu kepada *handbook* yang terdapat di PLTA dengan *outflow* dan *head* yang sudah ditentukan batasannya. Tujuan dari pengoperasian PLTA pada umumnya adalah untuk memaksimalkan potensi air yang tersedia pada reservoir, sehingga akan memaksimalkan juga produksi energi listrik dan keuntungan dari segi ekonominya [5]. Memaksimalkan potensi air di kolam Tando, maka PLTA Batang Agam akan mampu meningkatkan pembangkitan energi listrik mendekati kapasitas pembangkit yang sebesar 10,5 MW. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan air pada reservoir PLTA seperti debit aliran masuk (*inflow*) dari sungai-sungai, tinggi curah hujan, tingkat penguapan air dikolam penyimpanan (evaporasi), serta untuk pembangkitan energi listrik melalui *outflow* atau keperluan lain [7].

Terkait dengan optimasi yang dilakukan pada operasi kolam Tando atau operasi pada reservoir PLTA sudah banyak digunakan dalam beberapa penelitian dengan metode yang berbeda-beda, seperti penelitian tentang optimasi pada waduk untuk menganalisis debit andalan harian dan optimal daya yang dihasilkan PLTA dengan menggunakan metode *mass curve*, penelitian tentang mengoptimalkan reservoir PLTA dengan menggunakan metode *genetic algorithm*, optimasi reservoir PLTA dengan menggunakan metode *Evolutionary*





*algorithm*, optimasi reservoir PLTA dengan menggunakan metode *particle swarm optimization*, optimasi pada reservoir PLTA dengan menggunakan program linear [5].

Pengoptimasi pengoperasian debit *outflow* PLTA untuk memaksimalkan produksi energi listrik dapat dilakukan dengan sistem *monitoring* pada batas ketersediaan air dan elevasi kolam Tando dengan diformulasikan menggunakan model *linear programming* [7].

Program linier (*Linier Programming*) merupakan suatu teknik perencanaan yang bersifat analitis, yang mana analisisnya menggunakan model matematis, dengan tujuan dan maksud adalah untuk menemukan beberapa kombinasi alternatif pemecahan optimum terhadap persoalan [8].

Sebelum melakukan optimasi pola operasi debit, maka ditentukan terlebih dahulu volume maksimal minimal kolam Tando dan elevasi maksimal minimal kolam Tando melalui perhitungan matematis. Setelah itu perhitungan tersebut diformulasikan kedalam microsoft excel untuk memaksimalkan pengoperasian debit yang akan dioperasikan dengan menggunakan model program liner untuk melihat atau *monitoring* dampak dan akibat optimasi yang dilakukan. Sistem *monitoring* tersebut dapat mensimulasikan untuk perhitungan elevasi, waktu tampung air dan debit *outflow* untuk mengoptimalkan sistem pengoperasian PLTA. Hasil dari pengoptimasi yang dilakukan akan meningkatkan produksi energi listrik atau kWh produksi, mengetahui volume dan elevasi kolam Tando dan peningkatan keuntungan atau pendapatan bagi perusahaan jika dibandingkan dengan menghitung total produksi energi listrik dikali dengan harga atau tarif listrik setiap kWh dan dibandingkan dengan keuntungan atau pendapatan sebelum dilakukan optimasi [9].

Optimasi merupakan kegiatan atau tindakan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Memaksimalkan produksi energi listrik yang dihasilkan dengan tetap memperhatikan fungsi batasan pengoperasian dan ketersediaan air pada kolam Tando merupakan tujuan dari Optimasi tersebut. Pemanfaatan ketersediaan air di kolam Tando untuk dikonversi menjadi energi listrik dapat dimaksimalkan dengan cara mengoptimalkan pengopersian debit (*outflow*) yang masuk kedalam turbin. Debit air memiliki peran penting dalam sebuah sistem PLTA, karena semakin besar debit air yang masuk dan memutar turbin maka akan semakin besar pula energi mekanik turbin yang dihasilkan dan semakin besar energi listrik yang bisa dibangkitkan [10].

Berdasarkan pemaparan diatas, maka penelitian ini akan membahas tentang pengoptimasian pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dengan metode *monitoring outflow* menggunakan *linear programming*. Penggunaan metode ini bertujuan untuk melakukan



pengoptimasi pada produksi energi listrik yang dihasilkan PLTA Batang Agam dengan memaksimalkan pengoperasian *outflow* debit air. Konstarin atau kekangan pada penelitian ini menggunakan batasan elevasi dan volume air pada kolam Tando, sehingga akan mengetahui kondisi elevasi dan volume air pada kolam Tando, serta dapat juga melakukan perencanaan terhadap pengoperasian kedepannya pada kolam Tando. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian berjudul **PENGOPTIMASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) DENGAN POLA OPERASI *OUTFLOW* MENGGUNAKAN METODE *LINEAR PROGRAMMING* (Studi Kasus: PLTA Batang Agam Sumatera Barat)**. Pengoptimasi produksi energi listrik pada PLTA Batang Agam dengan memaksimalkan pengoperasian *outflow* dan *monitoring* tingkat volume atau ketersediaan air serta elevasi kolam Tando dengan diformulasikan menggunakan model *linear programming* dan standar pengoperasian mengacu kepada *handbook* PLTA Batang Agam.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapaun rumusan masalah yang dapat di kemukakan pada tulisan ini adalah

1. Bagaimana menganalisis dan menentukan elevasi dan volume kolam dengan menggunakan program linear pada Tando PLTA Batang Agam di Sumatera Barat?
2. Bagaimana mengoptimalkan operasi *outflow* (debit air) dengan melihat batasan elevasi dan volume kolam Tando di PLTA Batang Agam di Sumatera Barat?
3. Bagaimana menganalisis hasil pengoptimasi operasi *outflow* (debit air) yang telah dilakukan untuk meningkatkan hasil produksi energi listrik di PLTA Batang Agam di Sumatera Barat?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dapat dikemukakan pada tulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis dan menentukan elevasi dan volume kolam dengan menggunakan program linear pada Tando PLTA Batang Agam di Sumatera Barat.
2. Mengoptimalkan operasi *outflow* (debit air) dengan melihat batasan elevasi dan volume kolam Tando di PLTA Batang Agam.
3. Menganalisis hasil optimasi operasi *outflow* (debit air) PLTA untuk meningkatkan hasil produksi energi listrik di PLTA Batang Agam.



#### 1.4 Batasan Masalah

Supaya penelitian ini tidak melebar dari pembahasan, maka penulis akan membatasi permasalahannya. Adapun batasan masalahnya sebagai berikut :

1. Perhitungan besar efisiensi turbin generator yang dilakukan hanya berdasarkan pada besar daya *input* dan daya *output* nya.
2. Pengoptimasi yang dilakukan hanya pada *outflow* atau debit aliran air masuk ke dalam turbin dengan tujuan untuk meningkatkan energi listrik yang dihasilkan.
3. Batasan maksimal dan minimal elevasi dan volume kolam Tando dilakukan dengan *monitoring system* yang dimodelkan dengan menggunakan *linear programming*
4. Unit pembangkit yang dianalisis adalah unit 1,2 dan 3 PLTA Batang Agam di Sumatera Barat setiap bulanya pada tahun 2019
5. Pengoptimasi dengan pola operasi *outflow* dilakukan pada musim hujan
6. *Linear Programming* diaplikasikan pada *tools Microsoft Excel*.
7. Optimasi pola operasi *outflow* untuk perencanaan dan kondisi ke depan dengan mengabaikan tingkat evaporasi (penguapan) dan air hujan yang terjadi dikolam Tando
8. Pengoptimasi yang akan dilakukan berdasarkan kapasitas sistem pembangkit dengan mengabaikan kondisi beban dan beban puncak.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Hal yang perlu dilakukan sebelum melakukan penelitian ini adalah melakukan kajian literatur. Kajian literatur dilakukan bertujuan untuk mencari rujukan dan referensi dalam melakukan penelitian ini, dan berhubungan khusus terkait dengan pembahasan pada penelitian ini atau permasalahan yang akan diselesaikan dari tugas akhir. Rujukan ini di dapatkan dari jurnal, buku ataupun paper.

Analisis Unjuk Kerja Turbin Air Pada Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) Dengan Kapasitas 70 MW. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisa unjuk kerja serta menghitung besar efisiensi turbin generator unit 2 pada PLTA Musi Bengkulu. Penelitian ini juga membahas tentang perbandingan tingkat efisiensi turbin generator pada saat pertama kali beroperasi atau komisioning dengan 36.000 jam yang sudah beroperasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi kenaikan efisiensi turbin air sebesar 2,14% setelah dilakukan *major overhaul* (perbaikan mesin) yang menjadikan mesin bekerja lebih optimal, sehingga efisiensi turbin menjadi 85,155% jika dibandingkan dengan efisiensi setelah 40.000 jam. Efisiensi mengalami kenaikan sebesar 1,474% jika dibandingkan dengan efisiensi setelah 36.000 jam, dan mengalami penurunan sebesar 5,876% jika dibandingkan dengan efisiensi pada saat komisioning. Daya masuk yang dihasilkan adalah sebesar 81,029 MW dengan operasi debit air 19,4 m<sup>3</sup>/s dan *head* 426,2 m dan daya keluar yang dihasilkan turbin adalah sebesar 69 MW [11].

Penelitian yang berjudul Operasional Waduk. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan volume tampungan air waduk yang optimal dengan menggunakan metode *linear programming*. Metode yang digunakan adalah model optimasi program linear dengan pengaturan debit distribusi air. Studi kasus penelitian ini yaitu Waduk Keuliling berada di Kecamatan Kuta Cot Glie, Kabupaten Aceh Besar. Waduk ini memiliki luas genangan air normal (MAN) sebesar 259,94 ha, volume tampungan efektif sekitar 12.992.080 m<sup>3</sup>, volume tampungan mati sekitar 4.232.943 m<sup>3</sup> dan volume total tampungan air normal adalah sekitar 18.359.078 m<sup>3</sup>. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa volume tampung air pada bulan oktober adalah sebesar 37.115.930 m<sup>3</sup>, pada bulan november adalah sebesar 91.678.820 m<sup>3</sup> dan pada bulan januari adalah sebesar 144.589.300 m<sup>3</sup>, sehingga dapat dikatakan bahwa



tidak terjadi kondisi mencapai volume tampungan mati pada waduk dari bulan ke bulan dan masalah untuk segala kebutuhan air dapat teratasi. [8]

Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga *Pico Hydro*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besarnya debit air yang digunakan terhadap tegangan *output* yang dihasilkan. Studi kasus penelitian ini dilakukan di sungai Pelang Sleman Yogyakarta. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa besarnya debit tergantung kepada tinggi dan besarnya saluran buang air, dan besarnya tegangan yang dihasilkan oleh generator bergantung kepada besarnya debit air. Pada tinggi saluran buang 25 cm saluran masuk 17 cm menghasilkan debit 27200 m<sup>3</sup>/s, sedangkan pada tinggi saluran buang 35 cm saluran masuk 17 cm menghasilkan debit 60600 m<sup>3</sup>/s. Pada tegangan yang dihasilkan menunjukkan pada tinggi inlet 17 cm dengan tinggi buang 25 cm menghasilkan tegangan maksimal kisaran 56 volt, tinggi buang 30 cm menghasilkan tegangan maksimal kisaran 64 volt dan tinggi buang 35 cm menghasilkan tegangan maksimal kisaran 74 volt [10].

Optimasi Pola Operasi Waduk Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus Waduk Wonogiri). Penelitian ini membahas tentang pengaturan, perencanaan, dan pengoperasian air waduk agar bisa dimanfaatkan seoptimal mungkin dengan menggunakan simulasi pola operasi waduk model stokastik program *solver evolutionary*. Studi kasus penelitian ini yaitu Waduk Wonogiri Desa Danuarjo Kecamatan Wonogiri Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah dengan luas area 1.350 km<sup>2</sup>. Hasil dari penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan produksi rata-rata tahunan sebesar 22,98% yang produksi awalnya hanya 33820 MWh/15 hari meningkat menjadi 41593 MWh/15 hari dan evaluasi kerja menunjukkan bahwa waduk ini dalam memenuhi kebutuhan pelepasan PLTA serta pemenuhan air di hilir memiliki keandalan 100% [12].

Simulasi Pola Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Air Di Waduk Kedungombo. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan air pada waduk Kedungombo sehingga memaksimalkan produksi energi listrik yang dihasilkan, serta mengatasi permasalahan pada waduk Kedungombo yaitu pada musim hujan *inflow* yang masuk terlalu besar sehingga air yang melimpah dibuang langsung ke *spillway* dan pada musim kemarau seperti pada tahun 2003 PLTA Kedungombo berhenti beroperasi karena debit air yang tidak mencukupi untuk membangkitkan energi listrik. Studi kasus penelitian ini pada Waduk Kedungombo perbatasan Kabupaten Sragen dan Kabupaten Boyolali. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji adanya kemungkinan peningkatan produksi energi listrik PLTA



Kedungomb. Hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan besarnya *inflow* (debit air) andalan didapatkan keuntungan sebesar Rp 625.520.000,- rata-rata per 15 harian atau sebesar Rp 15.012.590.000,- per tahun. Pada pengoperasian *inflow* kondisi eksisting pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2012 didapatkan produksi listrik rata-rata sekitar 14,59 GWh dengan pendapatan sekitar Rp 14.046.480.000,- per tahun [13].

*Optimasi Sistem Operasi Kolam Tando Harian Muntu PLTA Ketenger Baturraden.* Penelitian bertujuan untuk mengoptimalkan sistem operasi kolam Tando harian dengan melakukan analisis debit sungai, curah hujan, klimatologi, dan kapasitas kolam Tando harian untuk menghasilkan energi listrik yang maksimal pada PLTA Ketenger berdasarkan debit andalan. Studi kasus penelitian ini yaitu di PLTA Ketenger yang terletak di wilayah barat Provinsi Jawa Tengah Desa Ketenger Batu Raden, Banyumas, Jawa Tengah. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa daya paling besar yang mampu dihasilkan pada kondisi eksisting atau sebelum optimasi yaitu sebesar 8246,17 kW sedangkan daya terkecil sebesar 2313,79 kW. Setelah dilakukan pengoptimasi pada operasi debit maksimum dan minimum didapatkan bahwa daya terbesar yang mampu dihasilkan adalah 7590 kW dan daya terkecil sebesar 3179,9 kW, sedangkan berdasarkan daya listrik optimum didapatkan daya terbesar adalah 6992,86 kW dan daya terkecilnya adalah 3496,43 kW [14].

*Optimizing Hydroelectric Power Generation The Case Of Shiroro Dam.* Penelitian ini membahas bagaimana mengoptimalkan pembangkitan energi listrik tenaga air pada bendungan Shiroro. Untuk mengoptimalkan pembangkitan energi listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya besar *head* pada jatuh air yang nanti akan memutar turbin, dan besarnya *inflow* atau debit air yang masuk dan memutar sudu-sudu turbin. Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk mengevaluasi parameter vital adalah dengan simulasi matematika sederhana yang mencakup pemrograman linear dan analisa statistik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidealkan pembangkit listrik di bendungan Shiroro yang masuk dan keluar bendungan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengoptimasi pembangkit energi listrik memberikan solusi terhadap permasalahan pada kebutuhan energi listrik dengan cara meningkatkan arus keluar dari waduk dan ketinggian jatuh air sehingga menambah akan produksi listrik yang dihasilkan [15].

*Optimization of Hydro Power Plant Operation Using Linear Programming With Constraint of Water Availability* (Optimasi Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Menggunakan Linear Programming Dengan Batasan Ketersediaan Air ). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan mengkaji terkait dengan perubahan energi dan





pengkonversian energi dari energi jatuh air atau perubahan energi potensial air menjadi energi listrik. Untuk membangkitkan daya energi listrik sangat bergantung dengan besar debit air ke turbin, tinggi jatuh air, dan besar efisiensi pembangkit. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pengoptimasi sesuai dengan batasan operasional. Total produksi energi listrik yang dihasilkan lebih besar 1,51% dari 94.694 kWh menjadi 96.121,55 kWh. Untuk mengoptimalkan produksi daya energi listrik yang dihasilkan maka perlu di tingkatkan daya yang dihasilkan dengan cara mengoptimalkan penggunaan debit air yang masuk ke turbin, sehingga efisiensi energi pada turbin dan generator meningkat dari sebelumnya [5].

Sistem *Monitoring Debit Inflow* untuk Operasi Harian Pembangkit PLTA Bakaru. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu sistem yang berfungsi untuk memonitor operasi harian PLTA Bakaru. Studi kasus dan pengambilan data pada penelitian ini berlokasi di PLTA Bakaru. Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan bahwa sistem *monitoring* yang dilakukan pada debit air *inflow* untuk operasi harian pembangkit dapat mengoptimalkan rencana operasi harian berdasarkan perubahan debit *inflow* yang masuk pada bendungan PLTA Bakaru, mengurangi *range start stop* pembangkit sehingga *lifetime* peralatan pembangkit akan tercapai, nilai *Capacity Factor* (CF) dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan jam kerja operasi pembangkit. Pencapaian nilai CF tertinggi pada bulan April yaitu 100%, dengan produksi yang dihasilkan unit 1 45.481 MWh dan unit 2 45.404 MWh. Pencapaian hasil nilai tersebut dapat tercapai karena unit 1 dan unit 2 beroperasi pada beban maksimum secara konstan tanpa ada gangguan peralatan. Nilai rata-rata *Capacity Factor* sebesar 64,8 %, yang membuktikan bahwa unit pembangkitan PLTA Bakaru dalam kondisi handal dalam memproduksi energi pada tahun 2015 [9].

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian [5] yang akan menentukan batas-batas maksimal dan minimal dari elevasi dan volume kolam Tando dan juga sebelum melakukan simulasi akan ditentukan terlebih dahulu berapa besar efisiensi turbin generator, penelitian [10] yang akan melakukan perhitungan terkait dengan pengaruh debit terhadap energi listrik yang dihasilkan yang akan diformulasikan dalam bentuk program linear, penelitian [9] yang mana pada simulasi penelitian ini tidak hanya menganalisa pengoptimasi yang seharusnya bisa dilakukan dengan melihat batasan-batasan elevasi dan volume kolam Tando, tetapi juga dapat memperkirakan kondisi kedepannya setelah dilakukan pengoptimasi pada pengoperasian, penelitian [13] pada penelitian ini simulasi yang digunakan adalah dengan menggunakan program linear yang diformulasikan dengan menggunakan microsoft excel sehingga dapat menentukan batas batas pengoperasian kolam Tando dan besar energi



listrik yang akan bisa di bangkitkan, dan [15] pada penelitian ini *head* serta *debit* yang berperan besar dalam melakukan optimasi pembangkitan akan di formulasikan dalam bentuk program linear sehingga akan didapatkan nanti penggunaan debit maksimal bisa digunakan untuk memaksimalkan pembangkitan energi listrik dengan memperhatikan batas-batas elevasi kolam Tando kedepannya .

Pada penelitian ini akan menganalisa dan mengkaji untuk mengoptimasi produksi energi listrik pada pembangkit listrik tenaga air dengan *monitoring system* menggunakan program linear dengan konstrain atau kekangan berupa volume ketersediaan air, elevasi kolam Tando dan jari-jari permukaan kolam Tando. Besarnya efisiensi sistem pembangkit akan diperhitungkan ketika pengoptimasian, pengaruh debit terhadap besar daya yang dibangkitkan akan dimodelkan dalam bentuk *linear programming*, memeberikan keadaan atau kondisi kedepannya pada kolam tando seperti tinggi elevasi, volume air kolam Tando, dan jari-jari permukaan kolam Tando serta keuntungan yang akan didapatkan nanti setelah melakukan optimasi baik itu dari segi produksi listrik dan juga keuntungan ekonomi bagi perusahaan PLTA Batang Agam selaku produsen energi listrik.

## 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit listrik tenaga air merupakan pembangkit pertama yang memanfaatkan energi mekanik dan juga merupakan energi terbarukan yang pertama di kembangkan di dunia, terbukti dengan ditemukan dalam tulisan Yunani dari tahun 85 SM dan juga pada tulisan Romawi. Pada abad ke-1 ditemukan roda sederhana yang digunakan untuk menngerakkan pabrik penggiling gandum, samap pada awal milenium kedua teknologi ini dikenal luas di benua Eropa dan benua Asia [16].

Pembangkit Listrik tenaga air merupakan jenis pembangkit yang mengubah energi potensial air paa ketinggian tertentu yang diubah menjadi energi listrik. Beberapa keuntungan dari PLTA adalah menggunakan sumber energi terbarukan dan mempunya respon yang cepat kerika terjadi kondisi beban puncak dan gangguan. Proses pembangkitan energi listrik dimulai dengan mengalirkan air dari kolam Tando menuju turbin melalui kanal atau *penstock*, kemudian air akan menumbuk sudu-sudu turbin dan akan menyebabkan turbin dan generator akan berputar. Energi yang dibangkitkan dapat secara langsung digunakan dan juga dapat disimpan dalam baterai [2].

Pembangkitan energi listrik pada PLTA bergantung kepada debit air dan ketinggian jatuh air. Air yang jatuh dari ketinggian tertentu mempunyai energi potensial, semakin tinggi



jarak jatuh air dari permukaan bumi maka akan semakin tinggi energi potensialnya dan akan semakin besar pula energi listrik yang bisa dibangkitkan pada kondisi debit air yang sama. Sistem pembangkitan listrik tenaga air pertama kali dikembangkan pada tahun 1880 dan sampai pada saat ini menurut lembaga energi internasional (IEA) pasokan pembangkitan energi listrik tenaga air mencapai 16% dari kebutuhan energi dunia [17].

### 2.3 Prinsip Kerja PLTA

Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air pada dasarnya adalah penekorvesian energi potensial air menjadi energi listrik dengan bantuan turbin dan generator serta waduk yang digunakan sebagai tempat penyimpanan air. Proses perubahan dan penekorvesian energi tersebut dimulai dari energi potensial air pada kolam penampungan dengan ketinggian tertentu dari permukaan bumi, energi potensial air akan bergerak melalui saluran pipa pesat menjadi energi kinetik dan memutar turbin. Ketika turbin berputar maka otomatis generator juga akan ikut berputar sehingga terbentuknya medan magnet antara rotor dan stator sehingga menghasilkan aliran elektron yang disebut dengan aliran listrik. Aliran listrik yang dihasilkan akan disalurkan ke transformator untuk dinaikkan tegangannya sebelum dikirim ke gardu induk melalui jaringan transmisi, selanjutnya dari gardu induk akan disalurkan ke rumah-rumah, perkantoran, pabrik dan bangunan melalui jaringan distribusi. Selanjutnya energi listrik yang sudah didistribusikan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti setrika, kipas angin, lampu, dan berbagai keperluan lainnya [18].

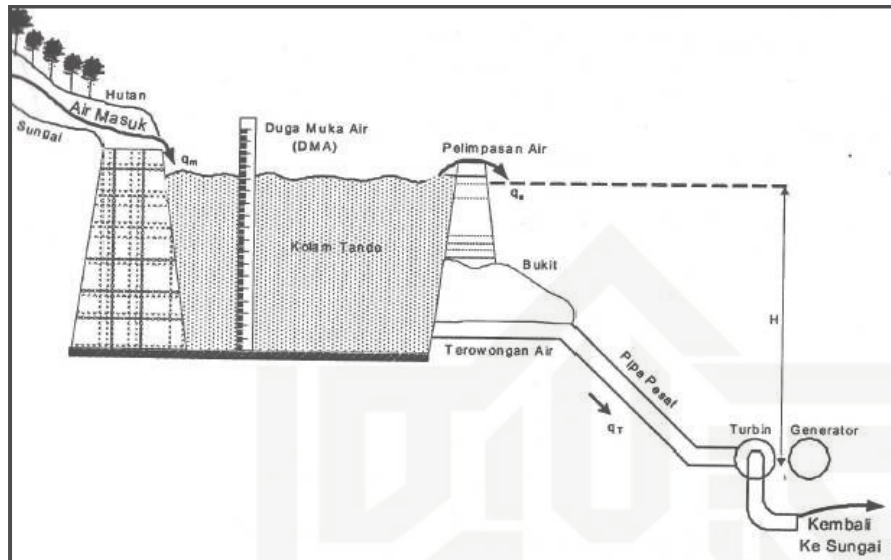
Proses perubahan energi potensial air menjadi energi listrik melewati beberapa tahapan konversi energi sebagai berikut :

- a. Energi Potensial  
Energi potensial adalah energi yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian atau perbedaan potensial, misalnya tinggi air dari permukaan bumi
- b. Energi Kinetis  
Energi kinetis adalah energi yang terdapat pada sebuah benda yang mengalami kecepatan tertentu, misalnya kecepatan aliran air dalam pipa pesat.
- c. Energi Mekanis  
Energi mekanis merupakan energi yang terjadi karena gabungan dari energi potensial dan energi kinetis, misalnya energi yang dibutuhkan untuk memutar turbin dan generator
- d. Energi Listrik



Ketika turbin berputar maka rotor juga berputar sehingga menghasilkan energi listrik [19].

Dibawah ini adalah gambar konversi energi pada PLTA



Gambar 2. 1 Konversi energi pada PLTA [19].

## 2.4 Turbin Air PLTA

Turbin air PLTA merupakan sebuah mesin penggerak dengan menggunakan air sebagai fluida kerjanya yang mengubah energi potensial dan energi kinetik air menjadi energi mekanik [20]. Secara umum turbin juga dapat diartikan sebagai mesin penggerak dengan memanfaatkan fluida sebagai energi penggerakannya, dan fluida tersebut meliputi air, uap air dan gas [21]. Turbin air PLTA terdiri dari beberapa bagian, yaitu bagian yang bergerak atau rotor yang biasanya disebut dengan *runner turbine* dan bagian diam atau stator yang biasanya disebut dengan rumah turbin. *Runner* turbin disebut juga sebagai roda turbin yang berputar pada poros yang sama dengan poros generator, sehingga jika turbin berputar, maka otomatis generator juga akan ikut berputar. Pengelompokan jenis turbin dapat didasarkan dari cara kerjanya [22].:

- Turbin aksi atau turbin impuls adalah turbin bergerak karena gaya impuls dari air, contohnya turbin pelton.
- Turbin reaksi adalah turbin yang bergerak karena tekanan air yang memutar sudu-sudu turbin, contohnya turbin francis dan kaplan.

Pengelompokan jenis turbin juga dapat didasarkan pada susunan porosnya :

- Turbin poros horisontal, contohnya turbin propeller dan turbin pelton.
- Turbin poros vertikal, contohnya turbin crossflow, francis dan kaplan

Turbin air jenis kaplan adalah turbin yang dapat beroperasi dengan ketinggian jatuh air dibawah 20 meter. Teknik perubahan energi mekaniknya menggunakan baling-baling seperti baling-baling kipas angin. Dibawah ini adalah gambar turbin kaplan.



Gambar 2. 2 Turbin kaplan [19].

Turbin *francis* adalah turbin air yang dapat dioperasikan pada tinggi jatuh air sedang atau antara 20 sampai dengan 400 m. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik melalui proses reaksi pada roda turbin. Turbin Pelton adalah turbin untuk tinggi terjun yang tinggi, yaitu di atas 300 meter. Teknik mengkonversikan energi melalui proses impuls sehingga turbin pelton juga disebut sebagai turbin impuls. Dibawah ini adalah gambar turbin pelton [19].



Gambar 2. 3 Turbin pelton [19].

Pada dasarnya penentuan jenis turbin yang akan digunakan pada PLTA berdasarkan pada tinggi nya *head* dan besarnya debit air. Dibawah ini adalah tabel untuk penentuan jenis turbin yang akan digunakan berdasarkan tinggi jatuh air (*head*).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Tabel 2. 1 Jenis Turbin Berdasarkan Head [23].

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan atau Propeller	$1 < head < 20$
Francis	$10 < head < 350$
Pelton	$50 < head < 1000$
Crossflow	$6 < head < 100$
Turgo	$50 < head < 250$

Turbin yang digunakan di PLTA Batang Agam adalah turbin jenis *francis*. Turbin *francis* mempunyai aliran radial pada sisi masukan maupun pada sisi keluarannya. Turbin ini dapat dioperasikan pada tinggi jatuh air menengah sehingga turbin ini adalah jenis turbin yang paling banyak digunakan [24]. Beberapa daya yang dihasilkan oleh kinerja turbin adalah daya hidrolik dan daya mekanik, sehingga dengan menghitung daya ini kita dapat menentukan berapa efisiensi dari turbin itu sendiri. Daya hidrolik adalah daya yang dimiliki oleh air yang mengalir dari suatu tempat menuju tempat lain yang mempunyai perbedaan potensial atau dari tekanan tinggi menuju tekanan rendah. Besarnya daya ini dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut [24]:

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots(2. 1)$$

dimana:

$P_{air}$  = daya air (Watt)

$\rho$  = massa jenis air ( $kg/m^3$ )

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ )

$H$  = tinggi jatuh air (m)

Selanjutnya adalah daya mekanik, yaitu daya yang dihasilkan oleh poros turbin, yang mana poros ini nanti yang juga akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik. Setelah mendapatkan nilai dari daya hidrolik dan daya mekanik, maka dapat hitung efisiensi dari turbin air, yang merupakan perbandingan antara daya mekanik turbin dengan daya hidrolik air.

### 2.5 Generator

Generator arus bolak-balik disebut juga generator sinkron adalah mesin sinkron yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik..

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



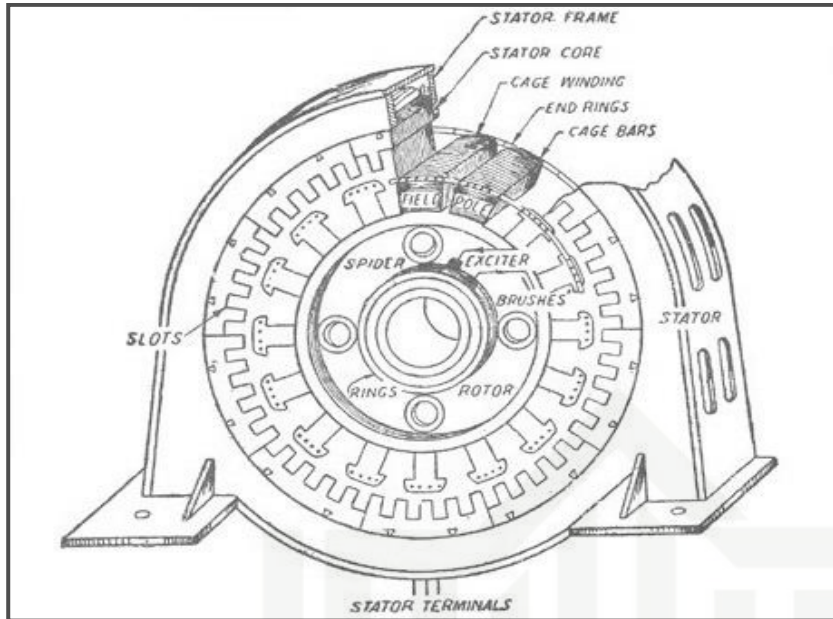


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

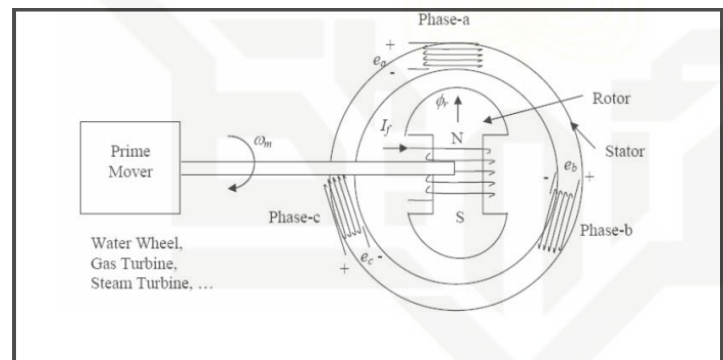


Gambar 2. 4 Konstruksi umum generator [25].

Generator sinkron mempunyai prinsip kerja yang dinyatakan sebagai berikut :

- a. Arus DC  $I_f$  akan disuplai ke rotor sehingga menghasilkan fluks magnet  $\phi$ .
- b. Turbin akan menggerakkan rotor dengan kecepatan konstan sebesar  $n_s$ .
- c. Garis gaya magnet akan bergerak dan akan menginduksi kumparan pada stator.

Dibawah ini adalah bentuk gambar prinsip kerja generator sinkron



Gambar 2. 5 Prinsip kerja generator sinkron [26].

## 2.6 Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Generator

### 2.6.1 Daya yang Dihasilkan Generator

Besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh generator dapat digunakan persamaan berikut [27]:

$$P_g = I \times V \dots\dots\dots(2. 2)$$

Dimana :

$P_g$  Daya listrik yang dihasilkan generator (Watt)



$I$  = Beda potensial/tegangan (Volt)  
 $V$  = Kuat arus (Ampere)

**2.6.2 Efisiensi Turbin Generator (Efisiensi Sistem Pembangkit)**

Untuk menghitung efisiensi turbin generator atau efisiensi sistem pembangkit dalam digunakan persamaan berikut [24]:

$$\eta_{sp} = \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- $\eta_{sp}$  = Efisiensi sistem pembangkit
- $P_g$  = Daya yang dihasilkan generator (Watt)
- $P_{air}$  = Daya yang dihasilkan air (Watt)

**2.6.3 Pembangkit Listrik Tenaga Air**

Persamaan Daya yang digunakan adalah sebagai berikut [12]:

$$P = E_{tg} \times 9.8 \times H_e \times Q \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

- $P$  = Daya listrik bangkitan dalam kilowatt (kW)
- $E_{tg}$  = Efisiensi turbin-generator
- $H_e$  = Tinggi jatuh efektif (m)
- $Q$  = Debit PLTA (m<sup>3</sup>/dt)

Pada simulasi operasi waduk ini yang diperhatikan adalah besarnya produksi energi yang diperoleh dengan persamaan:

$$E = \frac{E_{tg} \times 9.8 \times H_e \times V}{3600} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan:

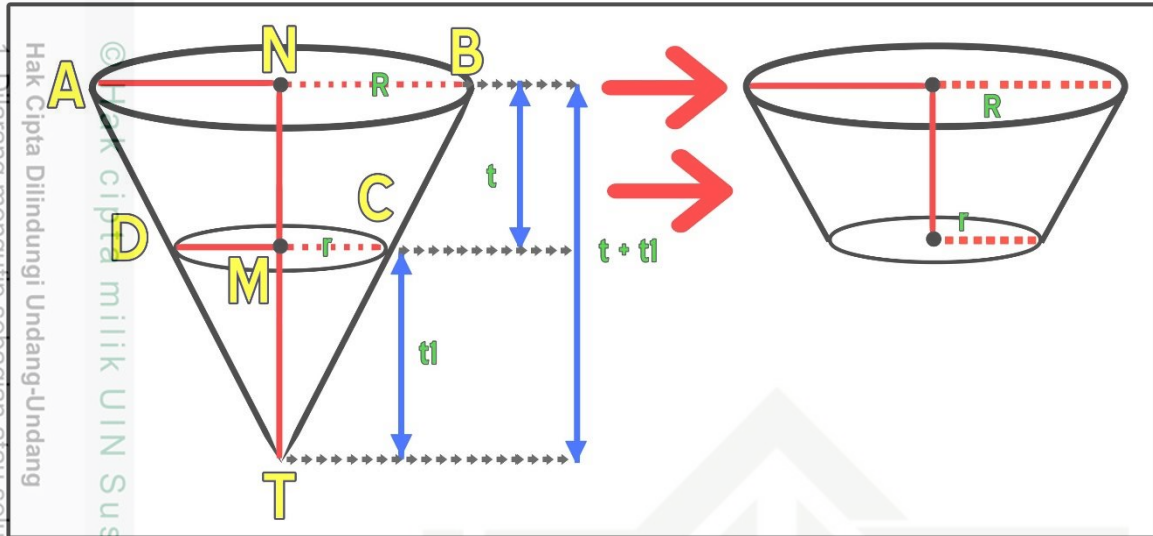
- $E$  = Energi listrik bangkitan dalam kilowatt.jam (kWh)
- $V$  = Volume (m<sup>3</sup>)

**2.7 Rumus Volume Kerucut Dan Kerucut Terpancung**

Kerucut terpancung merupakan kerucut yang terotong bagian atasnya yang sejajar dengan alas kerucut tersebut, sehingga seperti kerucut terpancung atau seperti ember. Persamaan terkait dengan kerucut dan kerucut terpancung diperlukan pada penelitian ini karena kolam Tando pada studi kasus penelitian berbentuk seperti kerucut terpancung. Maka seluruh besaran yang terdapat pada gambar kerucut dan kerucut terpancung harus diperhitungkan. Dibawah ini adalah gambar bangun ruang kerucut dan kerucut terpancung

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





Gambar 2. 6 Kerucut dan kerucut terpancung

Berdasarkan gambar diatas dapat diperoleh beberapa rumus, diantaranya sebagai berikut [28]:

### 2.7.1 Luas Alas (luas lingkaran)

$$L = \pi r^2 \dots\dots\dots (2. 6)$$

Keterangan : L = luas lingkaran  
 $\pi$  = phi  
 r = jari-jari lingkaran

### 2.7.2 Volume Kerucut

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 t \dots\dots\dots (2. 7)$$

Keterangan : V = Volume  
 $\pi$  = phi  
 r = jari-jari lingkaran  
 t = tinggi kerucut

### 2.7.3 Segitiga Sebangun

Pada gambar 2.6 diketahui bahwa  $\Delta TMC$  sebangun dengan  $\Delta TNB$ , akibatnya

$$\frac{TM}{TN} = \frac{MC}{NB}$$

$$\frac{t1}{t1 + t} = \frac{r}{R}$$

$$Rt1 - rt1 = rt$$

$$(R - r)t1 = rt$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau

Site Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



$$t1 = \frac{rt}{(R-r)} \dots\dots\dots (2. 8)$$

**2.7.4 Kerucut Sebangun**

$$\frac{V_{kerucut\ atas}}{V_{kerucut\ seluruhnya}} = \frac{\frac{1}{3}\pi r^2 t1}{\frac{1}{3}\pi R^2(t + t1)}$$

$$= \frac{r^2 t1}{R^2(t+t1)} = \frac{r^2\left(\frac{rt}{(R-r)}\right)}{R^2\left(t+\left(\frac{rt}{(R-r)}\right)\right)} = \frac{\frac{r^3 t}{(R-r)}}{R^2\left(\frac{t(R-r)+rt}{(R-r)}\right)}$$

$$\frac{V_{kerucut\ atas}}{V_{kerucut\ seluruhnya}} = \frac{r^3 t}{R^2(tR-tr+rt)} = \frac{r^3 t}{R^3 t} = \frac{r^3}{R^3} \dots\dots\dots (2. 9)$$

**2.7.5 Kerucut Terpancung**

$$\frac{V_{kerucut\ atas}}{V_{kerucut\ bawah}} = \frac{r^3}{R^3-r^3}$$

$$V_{kerucut\ bawah} = \frac{1}{3}\pi r^2 t1 \cdot \left(\frac{R^3-r^3}{r^3}\right)$$

$$= \frac{1}{3}\pi r^2 t1 \cdot \left(\frac{(R-r)(R^2 + Rr + r^2)}{r^3}\right)$$

$$= \frac{1}{3}\pi r^2 \left(\frac{rt}{(R-r)}\right) \left(\frac{(R-r)(R^2 + Rr + r^2)}{r^3}\right)$$

$$V_{kerucut\ bawah} = V_{kerucut\ terpancung} = \frac{1}{3}\pi t(R^2 + Rr + r^2) \dots\dots\dots (2. 10)$$

**2.8 Program Linier Dan Microsoft Excel**

Program linier (*Linier Programming*) merupakan suatu teknik perencanaan yang bersifat analitis, yang mana analisisnya menggunakan model matematis, dengan tujuan dan maksud adalah untuk memecahkan persoalan-persoalan dengan cara menemukan beberapa kombinasi alternatif untuk memecahkan persoalan tersebut. Persoalan-persoalan program linier dapat dipecahkan dengan cepat dengan bantuan program komputer yang melibatkan banyak variabel-variabel keputusan (*decision variables*). Pemrograman linier juga merupakan suatu penyelesaian optimal dengan cara memaksimalkan atau meminimumkan fungsi tujuan terhadap susunan kendala dengan metode matematis yang berkarakteristik linier [8].

Program linear (*linear programming*) merupakan sebuah model optimasi persamaan linear, yang mana masalah program linear merupakan masalah nilai optimum (maksimum atau minimum) sebuah fungsi linear pada suatu sistem pertidaksamaan linear yang harus memenuhi optimasi fungsi objektif [29]. Untuk dapat menentukan batasan minimum dan maksimum suatu nilai dapat di kalkulasikan melalui aplikasi microsoft excel.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Microsoft excel atau Microsoft office excel merupakan sebuah program aplikasi *spreadsheet* atau berbentuk lembaran kerja yang berfungsi untuk memasukkan data, menganalisa data dan memproses data tersebut untuk mendapatkan tujuan dan laporan hasil yang diinginkan. Aplikasi ini didistribusikan oleh *microsoft corporation* dengan berbagai macam fitur seperti kalkulasi dan pembuatan grafik yang menggunakan strategi marketing, sehingga menjadikan microsoft excel sebagai salah satu program komputer yang populer hingga saat ini dan merupakan program spreadsheet paling banyak digunakan oleh banyak pihak [30].

Dibawah ini adalah beberapa rumus yang akan digunakan nanti untuk menentukan formula pada microsoft excel :

**2.8.1 Volume Bertambah Atau Berkurang Pada Kolam Tando**

$$Volume (tambah/kurang)_{(t)} = \frac{(inflow_{(t-1)} - outflow_{(t-1)}) m^3}{3600} \dots\dots\dots (2. 11)$$

**2.8.2 Volume Kolam Tando Pada Waktu (t)**

$$Volume_{(t)} = Volume_{(t-1)} - Volume (tambah/kurang)_{(t)} \dots\dots\dots (2. 12)$$

**2.8.3 Jari-jari Permukaan Kolam Tando Pada Waktu (t)**

$$R_{(t)} = \sqrt[3]{\frac{(R1)^3(V_{(t)}+V3)}{V_{kerucut}}} \dots\dots\dots (2. 13)$$

**2.8.4 Tinggi X (Jarak Dari Elevasi Volume Pasif Kolam Tando) Pada Waktu (t)**

$$X_{(t)} = \frac{R_{(t)}(t1+t2+t3)}{R1} - (t2 + t3) \dots\dots\dots (2. 14)$$

**2.8.5 Tinggi Elevasi Kolam Tando Pada Waktu (t)**

$$El_{(t)} = X_{(t)} + El_{.volume pasif} \dots\dots\dots (2. 15)$$

**2.9 Model Optimasi**

Model optimasi adalah pemodelan keadaan nyata yang diubah menjadi model matematis dengan pemisahan elemen-elemen pokok dengan tujuan untuk menemukan suatu teknik penyelesaian dari persoalan-persoalan yang ada dengan pengambilan keputusan dan sasaran yang dapat dicapai dengan melibatkan pandangan pada masalah dalam keseluruhan sistem [12].

Optimasi merupakan suatu jalan atau langkah untuk mencari solusi terbaik dan mencari nilai optimal dari permasalahan optimasi. Adapun permasalahan optimasi tersebut dilakukan dengan cara mencari nilai maksimal atau mencari nilai minimal. Beberapa

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





permasalahan optimasi dalam kehidupan sehari-hari misalnya pada bidang teknik, matematika, pertanian, ekonomi, farmasi, otomotif, dan lain sebagainya [31].

Salah satu bentuk optimasi adalah mengoptimalkan produksi energi listrik pada sebuah pembangkit energi listrik, selain meningkatkan efisiensi sistem pembangkit tetapi juga meningkatkan pendapatan total (*total cost*) bagi perusahaan pembangkit listrik yang mana (*total cost*) tersebut berdanding lurus dengan produksi energi listrik sesuai dengan persamaan sebagai berikut [32]:

$$total\ cost = W \times \frac{Harga\ (Rp)}{kWh}$$

$$W = daya\ (kWh) \times waktu\ operasi\ (h) \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan : *Total cost* = Pendapatan (Rupiah)

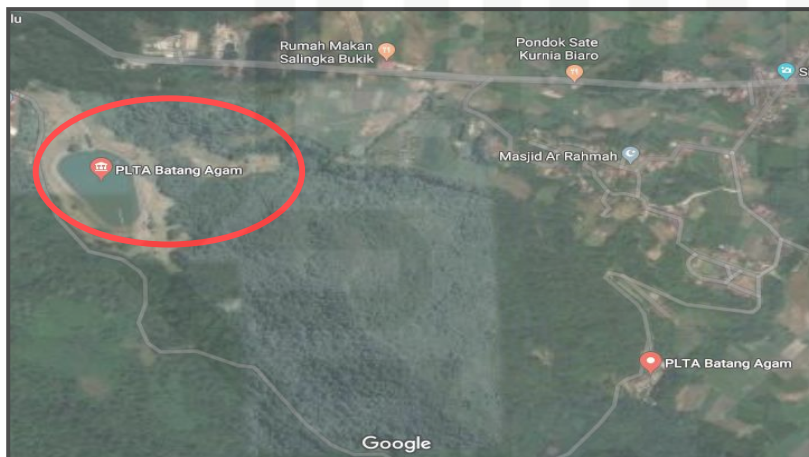
W = Produksi energi listrik (kWh)

1. Dilarang menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini yaitu di PLTA Batang Agam tepatnya berada pada koordinat  $0^{\circ}16'21.0''S$   $100^{\circ}33'16.7''E$ -0.272502, 100.554649 atau terletak di Koto Tengah Batu Hampa, Akabiluru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. Dari Payakumbuh ke simpang Batu Hampar berjarak  $\pm 8$  km, dari Batu Hampar ke PLTA Batang Agam berjarak  $\pm 1,5$  km, dari Barulak ke PLTA Batang Agam berjarak  $\pm 1$  km, dari simpang Batu Hampar ke PLTA Batang Agam berjarak  $\pm 1$  km dan dari Bukittinggi berjarak  $\pm 23$  km. Dibawah ini ada adalah gambar lokasi PLTA Batang Agam pada lingkaran warna merah.



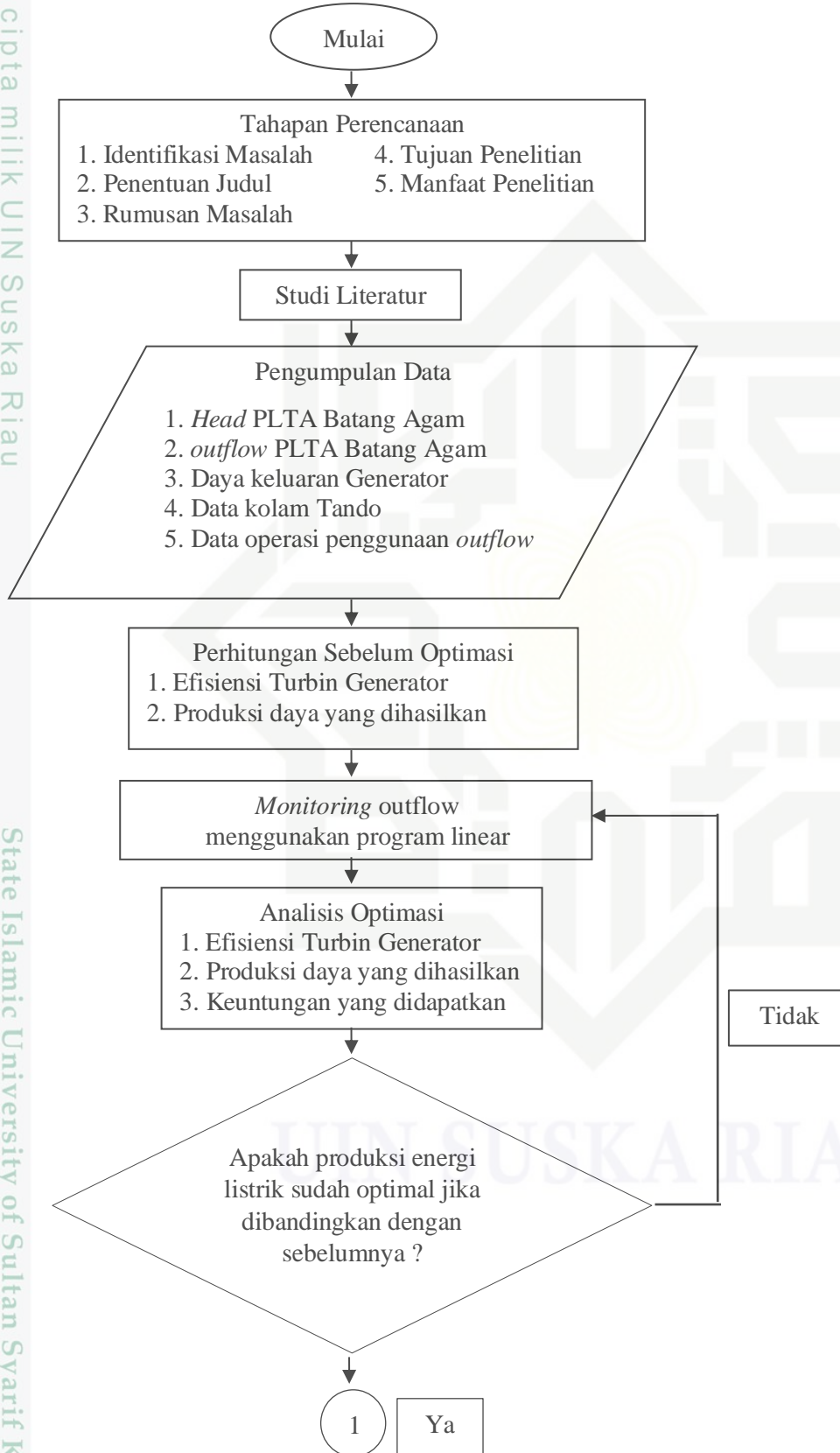
Gambar 3. 1 Lokasi PLTA Batang Agam [6].

### 3.2 Alur Proses Penelitian

Pengoptimasi pengoperasian debit *outflow* PLTA untuk memaksimalkan produksi energi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan metode sistem *monitoring* pada batas ketersediaan air dan elevasi kolam Tando dengan diformulasikan menggunakan model *linear programming* [7]. Pengoptimasian produksi listrik dimulai dari tahap perencanaan yang terdiri dari identifikasi masalah, tujuan penelitian, penentuan judul, jadwal penelitian, rumusan masalah yang berkaitan dengan penelitian, studi literatur, mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan penelitian, melakukan perhitungan terkait efisiensi dan produksi daya sebelum optimasi, melakukan optimasi daya melalui operasi *outflow* dengan melihat keterbatasan air dan elevasi kolam Tando yang diformulasikan dengan model program linear merujuk pada jurnal terkait, melakukan analisa hasil keuntungan produksi daya dan ekonomi yang didapatkan setelah melakukan optimasi, langkah terakhir melakukan penarikan



kesimpulan. Apabila hasil dari optimasi yang dilakukan tidak memberikan keuntungan maka alur proses kembali kepada perhitungan efisiensi turbin generator sebelum melakukan optimasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari alur diagram dibawah ini.



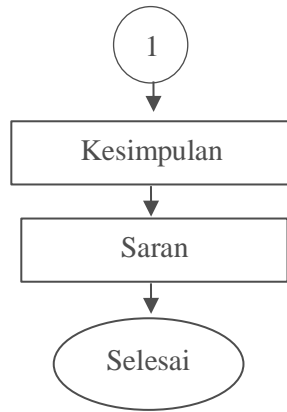
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 2 Flowchart Penelitian

### 3.3 Tahap Perencanaan

#### 3.3.1 Identifikasi Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terjadi di PLTA Batang Agam, bahwa sebenarnya produksi energi listrik yang dihasilkan di PLTA Batang Agam bisa dioptimalkan lagi untuk mencukupi kebutuhan energi listrik dan membangkitkan daya listrik yang mendekati dengan kapasitas pembangkit 10,5 MW. Pengoptimalkan ini dilakukan dengan cara mengatur pola operasi PLTA Batang Agam dengan memaksimalkan penggunaan debit air dengan tetap memperhatikan batasan volume minimal kolam Tando dan batasan elevasi minimal pada kolam Tando sehingga daya listrik yang dihasilkan pada musim hujan, daya setiap bulan, dan daya produksi total selama setahun operasi lebih besar jika dibandingkan dengan kondisi operasi normal atau sebelum dilakukan pengoptimasi.

#### 3.3.2 Penentuan Judul Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang sudah didapatkan, maka penulis memberikan judul penelitian ini “ Pengoptimasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Dengan Pola Operasi *Outflow* Menggunakan Metode Linear Programming (Studi Kasus : PLTA Batang Agam Optimasi Pola Operasi *Inflow* PLTA Batang Agam Sumatera Barat)”

#### 3.3.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengoptimasi produksi energi listrik pada PLTA Batang Agam dengan memaksimal pola operasi *outflow* pada kolam Tando dan *monitoring* elevasi dan volume kolam Tando dengan menggunakan metode linnear programming.



### 3.3.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini daris segi akademis diharapkan dapat bermanfaat sebagai referensi untuk penelitian terkait, bisa bermanfaat bagi pihak PLTA Batang Agam, bisa bermanfaat bagi pihak-pihak atau instansi yang berkaitan dengan penelitian, dan bisa bermanfaat bagi pemerintah dan masyarakat dalam memanfaatkan sumber energi air dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber energi dari air.

### 3.4 Studi Literatur

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengumpulan beberapa penelitian yang berhubungan dengan pembahasan untuk sebagai referensi. Pengumpulan referensi tersebut bertujuan untuk mendapatkan topik peneltian yang akan dilakukan dengan melakukan *literature review* pada jurnal-jurnal dan artikel.

### 3.5 Pengumpulan Data

#### 3.5.1 Data Sekunder

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder milik PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Bukittinggi PLTA Batang Agam, serta data dari referensi buku dan jurnal. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Tinggi jatuh air
- b. Debit air (*outflow*)
- c. Data spesifikasi kolam Tando
- d. Data pengoperasian debit

Dengan penjelasan data-data diatas sebagai berikut :

#### a. Tinggi Jatuh Air

Tinggi jatuh air pada PLTA Batang Agam adalah jarak tinggi antara air yang di kolam Tando dengan turbin pada (*power house*). Data Tinggi jatuh air diperlukan pada penelitian ini untuk menghitung besarnya daya air yang dihasilkan oleh turbin sesuai dengan persamaan (2.1). Dibawah ini adalah table rata-rata elevasi dan tabel rata-rata *head* PLTA Batang Agam pada tahun 2019.



Tabel 3. 1 Elevasi PLTA Batang Agam [6].

LAPORAN ELEVASI TAHUN 2019		
NO	BULAN	ELEVASI KOLAM TANDO (mdpl)
1	Januari	681,42
2	Februari	681,48
3	Maret	681,40
4	April	681,41
5	Mei	681,21
6	Juni	680,87
7	Juli	679,70
8	Agustus	681,28
9	September	681,28
10	Oktober	681,35
11	November	682,22
12	Desember	682,63

Tabel di atas merupakan tabel hasil rata-rata elevasi kolam Tando dari data pengoperasian PLTA Batang Agam setiap hari selama tahun 2019. Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa elevasi kolam Tando paling rendah terjadi pada Juli 2019 dengan rata-rata tinggi elevasi 679,70 dan elevasi kolam Tando yang paling tinggi yaitu terjadi pada bulan Desember dengan rata-rata ketinggian 682,59 mdpl.

Setelah mendapatkan data elevasi kolam Tando di atas maka dapat dihitung berapa head PLTA Batang Agam yaitu selisih antara elevasi kolam Tando dengan elevasi turbin (582,7 mdpl). Dibawah ini adalah tabel yang menunjukkan head PLTA Batang Agam dari tanggal 25 Desember sampai dengan 31 Desember 2019.

Tabel 3.2 Head PLTA Batang Agam [6].

HEAD (TINGGI JATUH AIR) TAHUN 2019			
Bulan	E.Kolam Tando (mdpl)	E.Turbin (mdpl)	Head (m) (E.Kolam Tando - E.Turbin)
Januari	681,42	582,7	98,72
Februari	681,48	582,7	98,78
Maret	681,40	582,7	98,70
April	681,41	582,7	98,71
Mei	681,21	582,7	98,51
Juni	680,87	582,7	98,17

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



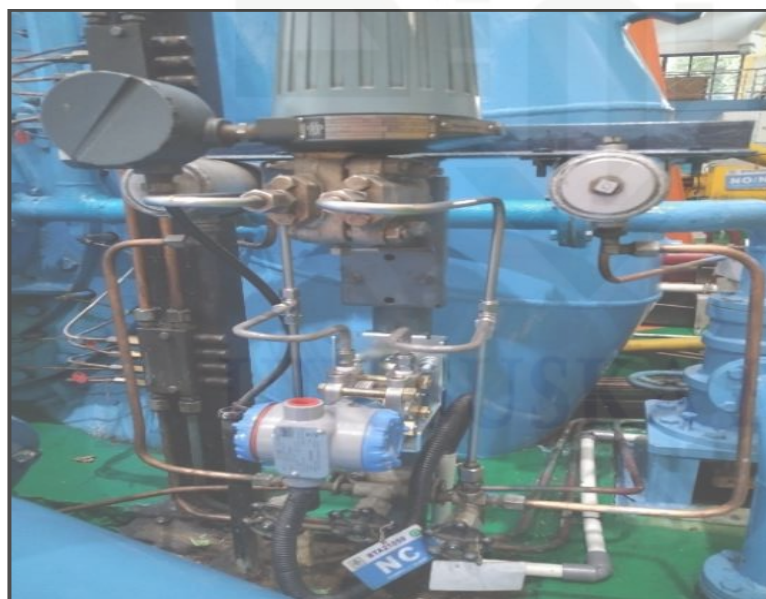
Tabel 3.2 Head PLTA Batang Agam (lanjutan)

HEAD (TINGGI JATUH AIR) TAHUN 2019			
Bulan	E.Kolam Tando (mdpl)	E.Turbin (mdpl)	Head (m) (E.Kolam Tando - E.Turbin)
Juli	679,70	582,7	97,00
Agustus	681,28	582,7	98,58
September	681,28	582,7	98,58
Oktober	681,35	582,7	98,65
November	682,22	582,7	99,52
Desember	682,63	582,7	99,93

Berdasarkan tabel di atas maka dapat diketahui bahwa pada pengoperasian PLTA Batang Agam tahun 2019 diketahui rata-rata *head* PLTA Batang Agam yang paling rendah yaitu terjadi pada bulan juli dengan ketinggian 97 m, dan *head* yang paling tinggi yaitu terjadi pada bulan Desember dengan ketinggian 99,93 m.

b. Debit Air (*outflow*)

Debit air (*outflow*) adalah banyaknya volume air yang masuk per satuan waktu ke dalam pipa dan menuju ke turbin untuk memutar turbin. Data debit air diperlukan pada penelitian ini untuk menghitung besarnya daya air yang dihasilkan oleh turbin sesuai dengan persamaan 2.1. Untuk mengukur kecepatan aliran alir digunakan alat pengukur debit air yaitu *flowmeter*. Gambar 3.2 merupakan *flowmeter* PLTA Batang Agam.



Gambar 3. 3 Flowmeter PLTA Batang Agam [6].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil dari pengukuran *flowmeter* dapat dilihat di governor. Dibawah ini adalah gambar tampilan hasil pengukuran dari *flowmeter* di governor.



Gambar 3. 4 Tampilan Pengukuran Flowmeter [6].

Dibawah ini adalah tabel pengukuran debit *inflow* dan *outflow* PLTA Batang Agam pada tahun 2019 dengan menggunakan *flowmeter*

Tabel 3. 3 Pengukuran debit *inflow* dan *outflow* menggunakan *flowmeter*

Rata-rata Debit <i>Inflow</i> dan <i>Outflow</i> Tahun 2019		
BULAN	<i>Inflow</i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>Outflow</i> (m <sup>3</sup> /s)
Januari	7,85	8,71
Februari	8,77	9,42
Maret	6,95	6,68
April	8,55	8,99
Mei	5,57	6,08
Juni	7,57	8,15
Juli	1,88	1,73
Agustus	4,05	4,84
September	3,61	4,57
Oktober	5,38	6,31
November	9,70	10,30
Desember	12,48	12,93

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Tabel di atas merupakan tabel contoh pengukuran hasil debit *inflow* dan *outflow* dengan menggunakan *flowmeter*. Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui bahwa *inflow* rata-rata paling besar yaitu 12,48 m<sup>3</sup>/s yang terjadi pada bulan Desember 2019 dan yang paling kecil yaitu 1,88 m<sup>3</sup>/s yang terjadi pada bulan Juli 2019 sedangkan untuk *outflow* rata-rata yang paling besar yaitu 12,93 m<sup>3</sup>/s yang terjadi pada bulan Desember 2019 dan yang paling kecil yaitu 1,73 m<sup>3</sup>/s yang terjadi pada bulan Juli 2019.

c. Daya Output (Daya Keluaran Generator)

Pada PLTA Batang Agam, daya keluaran atau daya *output* dari generator adalah daya yang dihasilkan oleh generator itu sendiri, yang nanti akan dinaikkan tegangannya oleh trafo dari 6,3 kV menjadi 20 kV. Dibawah ini adalah table rata-rata daya keluaran generator atau daya *output* generator unit 1, 2, dan 3 pada pembangkit PLTA Batang Agam pada tahun 2019

Tabel 3. 4 Beban Pembangkit PLTA Batang Agam [6].

DAYA OUTPUT GENERATOR UNIT 1, 2 DAN 3 TAHUN 2019		
NO	BULAN	DAYA OUTPUT GENERATOR (kW)
1	Januari	6518,03
2	Februari	7049,52
3	Maret	4998,44
4	April	6722,65
5	Mei	4550,83
6	Juni	6098,76
7	Juli	1290,03
8	Agustus	3625,20
9	September	3426,60
10	Oktober	4727,43
11	November	7695,9
12	Desember	9710,67

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa daya output atau daya keluaran generator PLTA Batang Agam tahun 2019 yang paling rendah yaitu pada bulan Juli dengan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





daya *output* sebesar 1290,03 kW dan daya yang paling besar yaitu pada bulan Desember dengan daya *output* sebesar 10387 kW.

d. Data spesifikasi kolam Tando

Pada PLTA Batang Agam terdapat sebuah kolam Tando sebagai reservoir PLTA Batang Agam dengan data spesifiknya sebagai berikut

Tabel 3.5 Spesifikasi Kolam Tando PLTA Batang Agam [6].

Spesifikasi Kolam Tando	Nilai
Tinggi elevasi maksimal	682,50 mdpl
Tinggi elevasi minimal	678 mdpl
Tinggi elevasi dasar kolam	676,50 mdpl
Volume air maksimal	116000 m <sup>3</sup>
Volume air aktif operasi	89000 m <sup>3</sup>
Volume air pasif operasi	27000 m <sup>3</sup>
Luas permukaan (maksimal)	28000 m <sup>2</sup>
Luas permukaan (minimal)	16000 m <sup>2</sup>

e. Data pengoperasian debit

Data debit yang dibutuhkan adalah debit aliran air yang masuk kedalam kolam Tando (*inflow*) dan debit aliran air keluar dari kolam Tando masuk ke dalam pipa pesat untuk memutar turbin (*outflow*) dibawah ini adalah contoh data pengoperasian debit aliran *inflow* dan *outflow* pada PLTA Batang Agam pada tahun 2019.

Tabel 3.6 Pengoperasian debit aliran [6].

FLOW PLTA BATANG AGAM TAHUN 2019		
BULAN	INFLOW (m <sup>3</sup> /s)	OUTFLOW (m <sup>3</sup> /s)
Januari	7,85	8,71
Februari	8,77	9,42
Maret	6,95	6,68
April	8,55	8,99
Mei	5,57	6,08
Juni	7,57	8,15
Juli	1,88	1,73
Agustus	4,05	4,84
September	3,61	4,57
Oktober	5,38	6,31
November	9,69	10,29
Desember	12,47	12,81



Berdasarkan tabel diatas maka dapat diketahui pada pengoperasian PLTA Batang Agam tahun 2019 bahwa rata-rata *inflow* yang paling kecil yaitu  $1,88 \text{ m}^3/\text{s}$  pada bulan Juli 2019 dan yang paling besar pada bulan Desember 2019 yaitu  $12,47 \text{ m}^3/\text{s}$ , sedangkan untuk *outflow* yang paling kecil yaitu  $1,73 \text{ m}^3/\text{s}$  pada bulan Juli 2019 dan yang paling besar yaitu  $12,81 \text{ m}^3/\text{s}$  pada bulan Desember 2019.

### 3.6 Perhitungan Sebelum Optimasi

Sebelum melakukan optimasi pola operasi, maka perlu dilakukan beberapa perhitungan sebagai berikut :

#### 3.6.1 Efisiensi Turbin dan Generator

Untuk menentukan besar efisiensi turbin dan generator, maka perlu dilakukan tahapan perhitungan sebagai berikut :

- a. Menghitung besarnya daya hidrolik atau daya air dengan menggunakan persamaan (2.1)
- b. Menentukan besarnya daya keluaran generator seperti tabel 3.5 yang didapatkan dari data operasi perusahaan PLTA Batang
- a. Menghitung besarnya efisiensi turbin dan generator dengan menggunakan persamaan (2.5)

#### 3.6.2 Produksi Daya Yang Dihasilkan

Untuk menentukan produksi daya total yang dihasilkan pada waktu tertentu sebagai berikut:

- a. Menjumlahkan dan mencari rata-rata produksi daya 1 hari operasi
- b. Menjumlahkan dan mencari rata-rata produksi daya 1 bulan

#### 3.6.3 Pendapatan (*income*) Yang Dihasilkan

Untuk menghitung besarnya pendapatan yang dihasilkan pada waktu tertentu adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung besarnya *income* 1 hari operasi dengan menggunakan persamaan (2.18)
- b. Menghitung besarnya *income* 1 bulan operasi dengan menggunakan persamaan (2.18)

### 3.7 *Monitoring Outflow* Menggunakan Program Linear

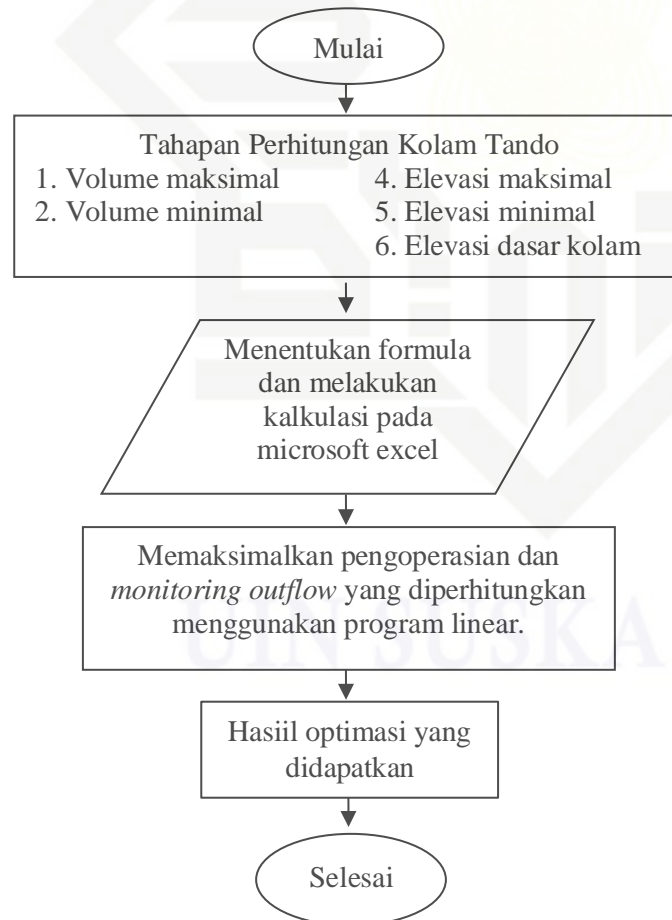
Untuk melakukan optimasi pola operasi pada penggunaan debit air PLTA, dapat dilakukan dengan mengoperasikan penggunaan debit maksimal dengan *monitoring* batasan volume maksimal minimal serta elevasi maksimal minimal pada kolam Tando sehingga pada musim kemarau PLTA Batang Agam tetap mampu beroperasi dan menghasilkan energi



listrik yang juga maksimal. Berikut ini adalah langkah-langkah melakukan optimasi pola operasi debit

1. a. Menentukan volume maksimal dan minimal kolam Tando
- b. Menentukan elevasi maksimal dan minimal kolam Tando
- c. Menentukan volume kolam Tando pada saat ini
- d. Menentukan elevasi kolam Tando pada saat ini
- e. Menentukan formula optimasi pengoperasian debit *outflow* dengan menggunakan microsoft excel
- f. Memaksimalkan pengoperasian debit air dengan melihat batasan minimal volume dan elevasi kolam Tando yang dimodelkan menggunakan program linear dan standar pengoperasian mengacu kepada *handbook* PLTA Batang Agam dengan *outflow maximal* 14 m<sup>3</sup>/s *minimal* 1,48 m<sup>3</sup>/s dan dengan *head maximal* 100 m *minimal* 89 m [6].
- g. Hasil optimasi yang didapatkan

Untuk lebih jelasnya dalam optimasi pola operasi yang akan dilakukan seperti alur proses seperti berikut:



Gambar 3. 5 Flowchart Simulasi

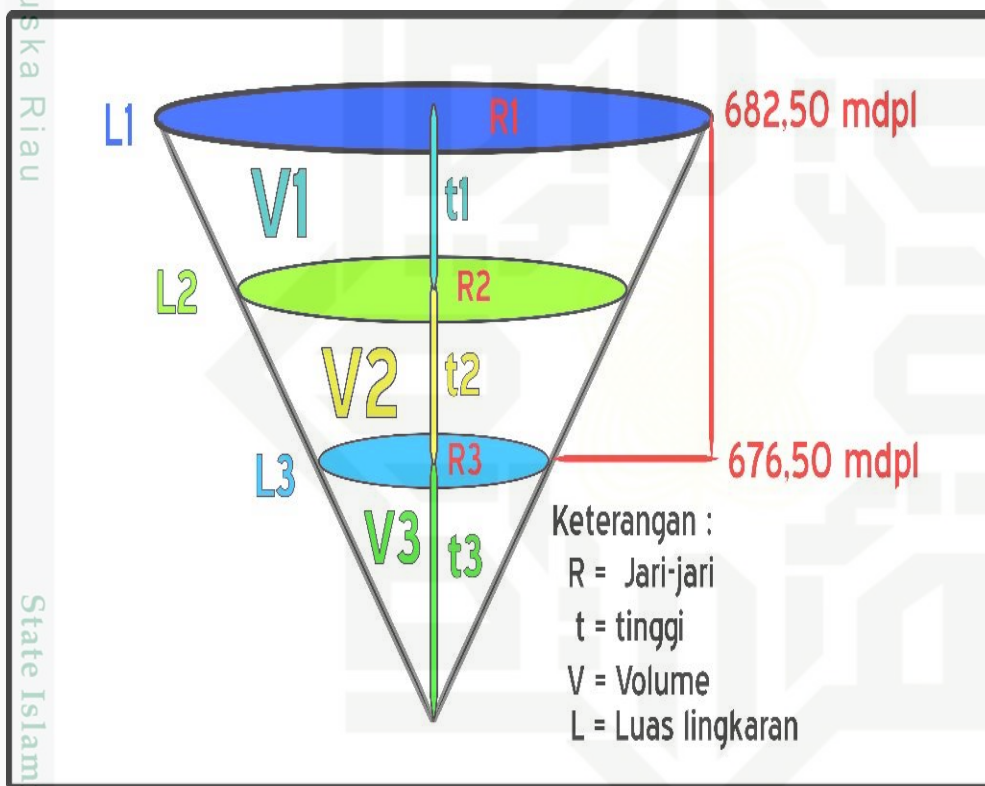
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.





### 3.7.1 Spesifikasi Besaran Kolam Tando PLTA Batang Agam

PLTA Batang Agam mempunyai kolam Tando sebagai reservoir PLTA yang mempunyai bentuk seperti ember atau kerucut terpancung. Kolam ini mempunyai beberapa besaran seperti volume, luas permukaan dan juga elevasi kolam. Besaran ini diperlukan untuk membuat beberapa formula yang nantinya akan di inputkan ke dalam *Microsoft Excel* sehingga setelah diaplikasikan akan mengeluarkan data dan grafik linear. Untuk menentukan nilai besaran-besaran tersebut, maka perlu diberikan gambaran sederhana dari kolam Tando. Di bawah ini adalah gambaran sederhana dari kolam Tando yang berbentuk kerucut terpancung.



Gambar 3. 6 Bentuk Sederhana dari kolam Tando PLTA Batang Agam

Berikut ini keterangan dari gambar 3.4 di atas :

- L1 merupakan luas permukaan kolam Tando pada saat volume maksimalnya. Luas permukaan ini sebesar  $28.0000 \text{ m}^2$  pada ketinggian 682,50 mdpl [6].
- R1 merupakan panjang jari-jari permukaan L1.
- L2 merupakan luas permukaan kolam Tando pada saat volume minimalnya. Luas permukaan ini sebesar  $16000 \text{ m}^2$  [6].
- R2 merupakan panjang jari-jari permukaan L2.



e. V1 merupakan volume aktif kolam Tando untuk membangkitkan energi listrik PLTA Batang Agam yaitu sebesar 89000 m<sup>3</sup> [6].

f. t1 merupakan tingginya volume aktif kolam Tando PLTA Batang Agam.

g. V2 merupakan volume pasif atau volume mati kolam Tando PLTA Batang Agam yang merupakan penyimpanan mati air yang tidak bisa digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Besar volume ini adalah 27000 m<sup>3</sup> [6].

h. t2 merupakan tinggi volume pasif kolam Tando PLTA Batang Agam.

i. t3 merupakan tinggi volume kerucut terpotong pada gambaran kolam Tando PLTA Batang Agam

j. V1+V2+V3 merupakan besarnya volume kerucut pada seluruh gambaran kolam Tando.

k. V3 merupakan volume kerucut terpancung pada kolam Tando.

l. R3 merupakan jari-jari dasar kolam Tando PLTA Batang Agam

Dibawah ini merupakan tabel yang memaparkan tentang spesifikasi kolam Tando PLTA Batang Agam secara keseluruhan

Tabel 3. 7 Spesifikasi kolam Tando PLTA Batang Agam [6].

Spesifikasi Kolam Tando	Nilai
Tinggi elevasi maksimal	682,50 mdpl
Tinggi elevasi minimal	678 mdpl
Tinggi elevasi dasar kolam	676,50 mdpl
Volume air maksimal (V1+V2)	116000 m <sup>3</sup>
Volume aktif operasi (V1)	89000 m <sup>3</sup>
Volume air pasif operasi (V2)	27000 m <sup>3</sup>
Luas permukaan (maksimal) (L1)	28000 m <sup>2</sup>
Luas permukaan (minimal) (L2)	16000 m <sup>2</sup>

Berdasarkan data tabel diatas maka dapat diketahui bahwa ini merupakan data yang menunjukkan batasan maksimal dan minimal pada kolam Tando PLTA Batang Agam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



### 3.7.2 Menentukan Formula Dan Kalkulasi Pada Microsoft Excel

Untuk mendapatkan hasil kalkulasi yang sesuai dengan data atau besaran yang sudah didapatkan, maka perlu di tentukan formula nya pada microsoft excel supaya hasil dari perhitungannya nanti dapat dijadikan model program linear. Dibawah ini adalah beberapa bentuk formula yang akan digunakan.

a. Formula volume air yang bertambah atau berkurang selama 1 jam pada waktu (t)

Untuk menentukan volume air yang bertambah atau berkurang setiap 1 jam pada kolam Tando dapat di tentukan berdasarkan persamaan (2.13). Dibawah ini adalah gambar formula untuk menentukan volume air yang bertambah atau berkurang selama 1 jam pada waktu (t) kolam Tando pada microsoft excel

	A	B	C	D
	JAM	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )
1				
2				
3				-89000
4				89000
5				-89000
6	09.00	6	10	89000
7	10.00	6	8	=(B6-C6)*3600
8	11.00	6	7	-7200
9	12.00	7	6	-3600
10	13.00	8	6	3600
11	14.00	10	6	7200
12	15.00			14400

Gambar 3. 7 Formula untuk menghitung volume yang berkurang atau bertambah

b. Formula volume yang tersisa pada waktu (t)

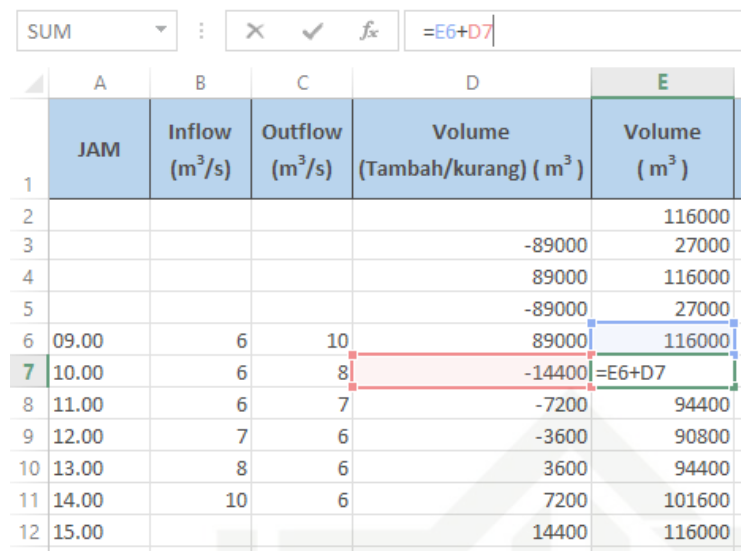
Untuk menentukan volume yang tersisa pada waktu (t) setelah dioperasikan 1 jam, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.14). Dibawah ini adalah gambar formula untuk menentukan volume air yang tersisa setelah beroperasi selama 1 jam pada waktu (t) pada microsoft excel

Hak Cipta dan Undang-Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau  
 Sateislami University of Sultan Syarif Kasim Riau



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

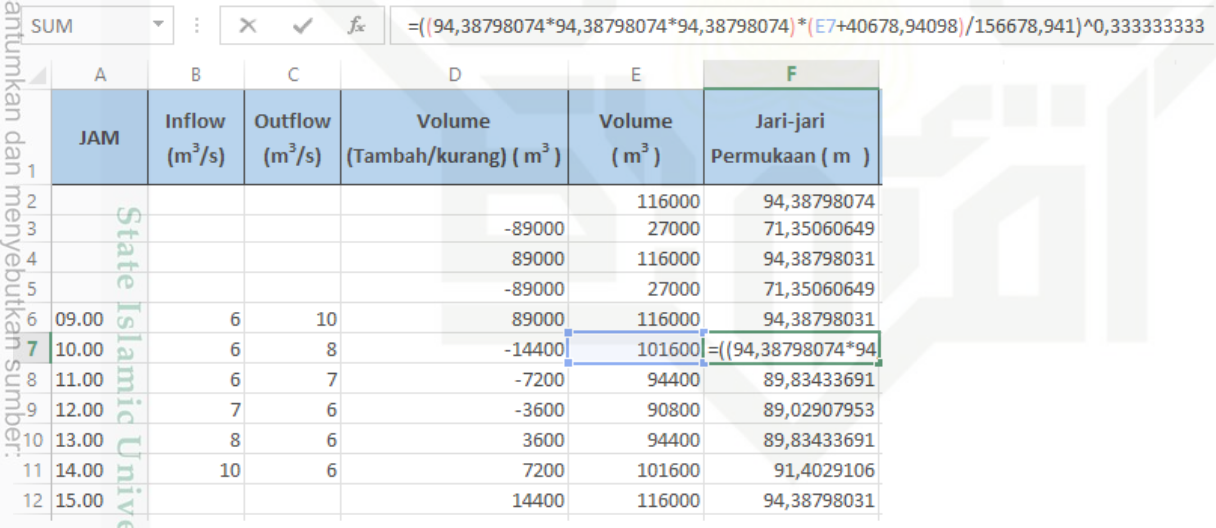


	A	B	C	D	E
	JAM	Inflow (m³/s)	Outflow (m³/s)	Volume (Tambah/kurang) (m³)	Volume (m³)
1					
2					116000
3				-89000	27000
4				89000	116000
5				-89000	27000
6	09.00	6	10	89000	116000
7	10.00	6	8	-14400	=E6+D7
8	11.00	6	7	-7200	94400
9	12.00	7	6	-3600	90800
10	13.00	8	6	3600	94400
11	14.00	10	6	7200	101600
12	15.00			14400	116000

Gambar 3. 8 Formula untuk menghitung volume yang tersisa

- c. Formula jari-jari permukaan pada waktu (t)
 

Untuk menentukan jari-jari permukaan pada waktu (t) setelah dioperasikan 1 jam, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.15). Dibawah ini adalah gambar formula untuk menentukan jari-jari permukaan pada waktu (t) setelah dioperasikan 1 jam pada microsoft excel



	A	B	C	D	E	F
	JAM	Inflow (m³/s)	Outflow (m³/s)	Volume (Tambah/kurang) (m³)	Volume (m³)	Jari-jari Permukaan ( m )
1						
2					116000	94,38798074
3				-89000	27000	71,35060649
4				89000	116000	94,38798031
5				-89000	27000	71,35060649
6	09.00	6	10	89000	116000	94,38798031
7	10.00	6	8	-14400	101600	=(94,38798074*94,38798074*94,38798074)*(E7+40678,94098)/156678,941)^0,333333333
8	11.00	6	7	-7200	94400	89,83433691
9	12.00	7	6	-3600	90800	89,02907953
10	13.00	8	6	3600	94400	89,83433691
11	14.00	10	6	7200	101600	91,4029106
12	15.00			14400	116000	94,38798031

Gambar 3. 9 Formula untuk menentukan jari-jari permukaan sekarang

- d. Formula tinggi X (jarak dari elevasi volume pasif kolam Tando) pada waktu (t)
 

Untuk menentukan tinggi X (jarak dari elevasi volume pasif kolam Tando) pada waktu (t) setelah dioperasikan 1 jam, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.16). Dibawah ini adalah gambar formula untuk menentukan tinggi X (jarak dari elevasi volume pasif kolam Tando) setelah dioperasikan 1 jam pada waktu (t) pada microsoft excel

SUM : X ✓ fx =(F7\*16,78702939/94,38798074)-12,6898

	A	B	C	D	E	F	G
	JAM	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)
1							
2					116000	94,38798074	
3				-89000	27000	71,35060649	0,0000
4				89000	116000	94,38798031	4,0972
5				-89000	27000	71,35060649	0,0000
6	09.00	6	10	89000	116000	94,38798031	4,0972
7	10.00	6	8	-14400	101600	91,4029106	=F7*16,7870
8	11.00	6	7	-7200	94400	89,83433691	3,2874
9	12.00	7	6	-3600	90800	89,02907953	3,1441
10	13.00	8	6	3600	94400	89,83433691	3,2874
11	14.00	10	6	7200	101600	91,4029106	3,5663
12	15.00			14400	116000	94,38798031	4,0972

Gambar 3. 10 Formula untuk menentukan tinggi X (jarak dari elevasi volume pasif)

Formula elevasi air kolam Tando pada waktu (t)

Untuk menentukan tinggi elevasi kolam Tando pada waktu (t) setelah dioperasikan 1 jam, dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2.17). Dibawah ini adalah gambar formula untuk menentukan tinggi elevasi kolam Tando pada waktu (t) setelah dioperasikan 1 jam pada microsoft excel

SUM : X ✓ fx =678,4027+G7

	A	B	C	D	E	F	G	H
	JAM	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)	Elevasi (mdpl)
1								
2					116000	94,38798074		682,5
3				-89000	27000	71,35060649	0,0000	678,4027
4				89000	116000	94,38798031	4,0972	682,4999
5				-89000	27000	71,35060649	0,0000	678,4027
6	09.00	6	10	89000	116000	94,38798031	4,0972	682,4999
7	10.00	6	8	-14400	101600	91,4029106	3,5663	=678,4027+G7
8	11.00	6	7	-7200	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
9	12.00	7	6	-3600	90800	89,02907953	3,1441	681,5468
10	13.00	8	6	3600	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
11	14.00	10	6	7200	101600	91,4029106	3,5663	681,9690
12	15.00			14400	116000	94,38798031	4,0972	682,4999

Gambar 3. 11 Formula untuk menentukan tinggi elevasi kolam Tando pada waktu (t)

### 3.7.3 Menginput Data Menjadi Model Program Linear

Untuk memperlihatkan data-data yang telah didapatkan serta memperlihatkan hasil dari pengoperasian yang telah dilakukan dengan melihat batasan-batasan yang telah ditentukan, maka data-data hasil tersebut harus diinputkan menjadi model program linear. Adapun data-data yang diinputkan menjadi model program linear adalah sebagai berikut:

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

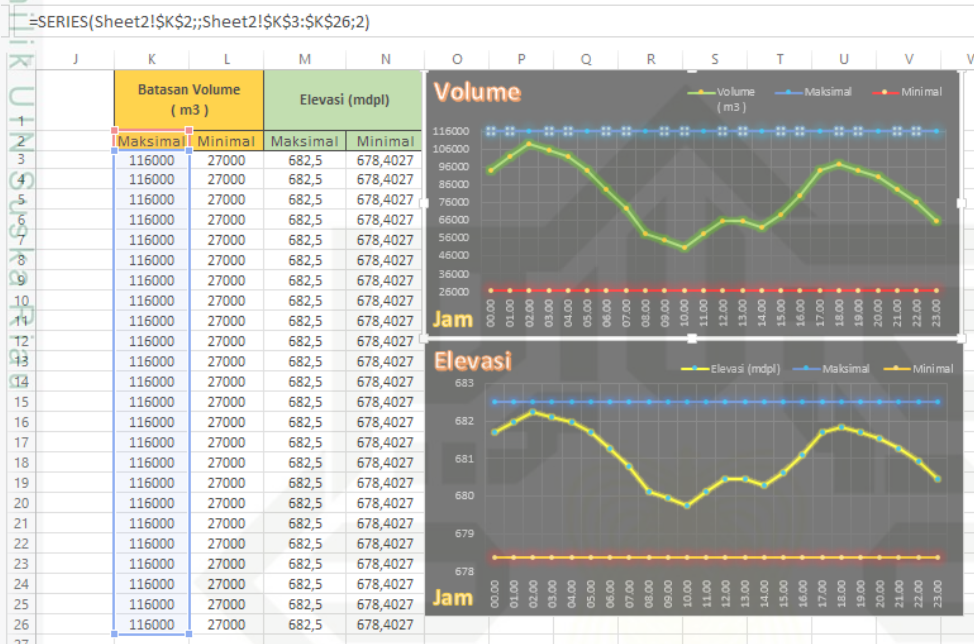
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



a. Volume maksimal

Volume maksimal adalah volume yang mampu ditampung kolam Tando PLTA Batang Agam. Tujuan data ini di inputkan adalah untuk *monitoring* pengoperasian *inflow* dan *outflow* untuk sebagai batasan maksimal volume dalam model program linear. Dibawah ini adalah gambar memasukkan data volume maksimal ke model program linear



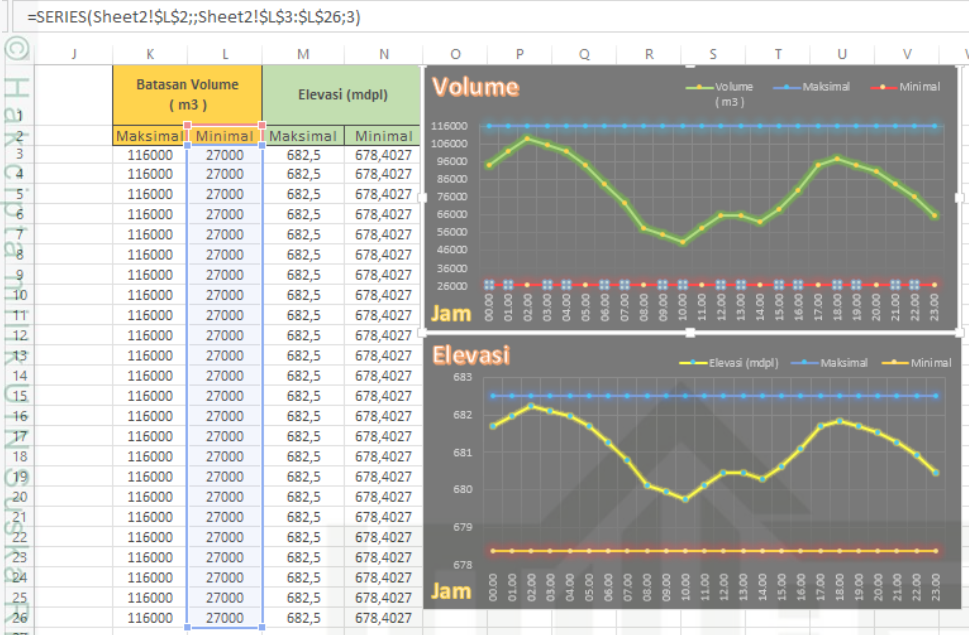
Gambar 3. 12 Input volume maksimal ke model program linear

b. Volume minimal

Volume minimal adalah volume paling sedikit kolam Tando PLTA Batang Agam. Tujuan data ini di inputkan adalah untuk *monitoring* pengoperasian *inflow* dan *outflow* untuk sebagai batasan minimal volume dalam model program linear. Dibawah ini adalah gambar memasukkan data volume minimal ke model program linear.

Hak Cipta Danindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



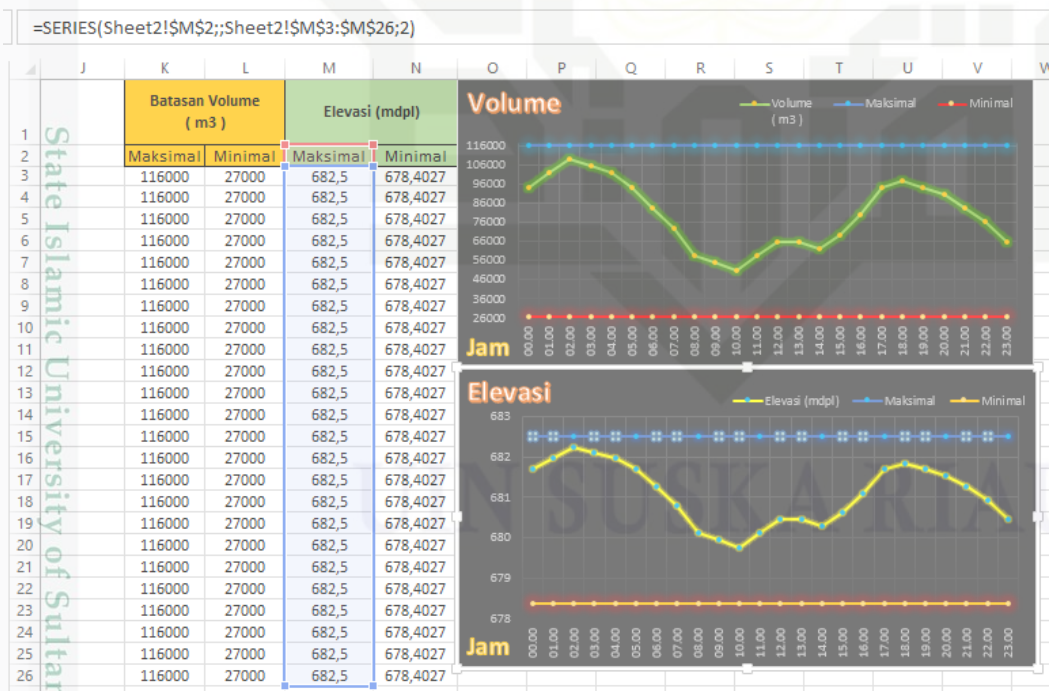


Gambar 3. 13 Input volume minimal ke model program linear

Elevasi maksimal

Elevasi maksimal adalah tinggi maksimal volume kolam Tando PLTA Batang Agam.

Tujuan data ini di inputkan adalah untuk *monitoring* pengoperasian *inflow* dan *outflow* untuk sebagai batasan maksimal elevasi dalam model program linear. Dibawah ini adalah gambar memasukkan data elevasi maksimal ke model program linear.



Gambar 3. 14 Input elevasi maksimal ke model program linear

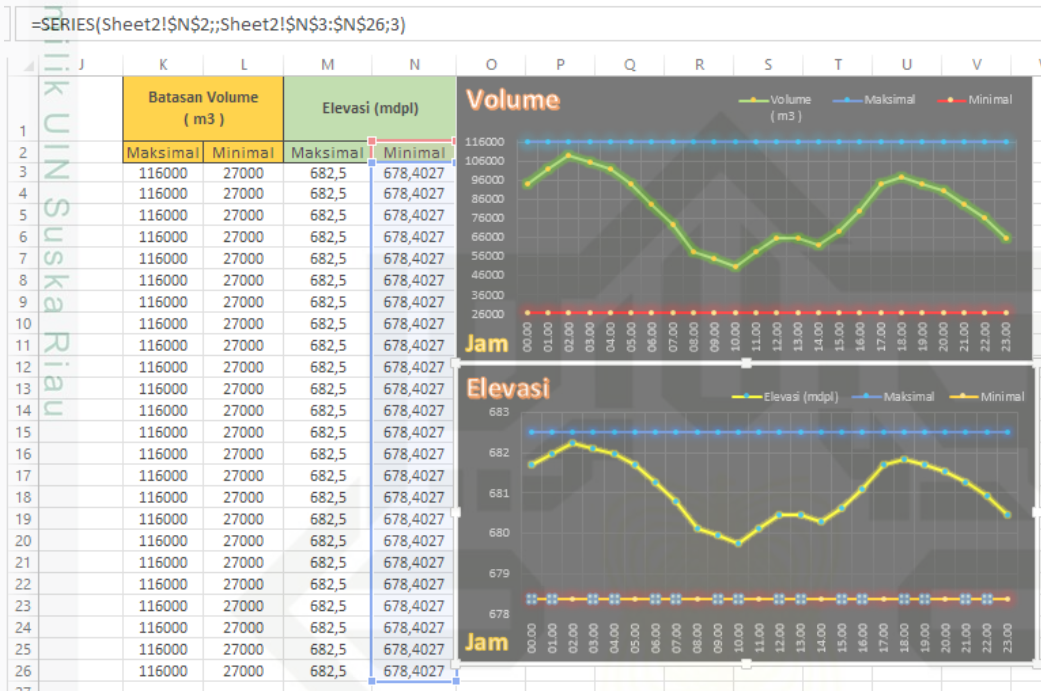
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



d. Elevasi minimal

Elevasi minimal adalah tinggi minimal volume kolam Tando PLTA Batang Agam.

Tujuan data ini di inputkan adalah untuk *monitoring* pengoperasian *inflow* dan *outflow* untuk sebagai batasan minimal elevasi dalam model program linear. Dibawah ini adalah gambar memasukkan data elevasi minimal ke model program linear.



Gambar 3. 15 Input elevasi maksimal ke model program linear

e. Volume pengoperasian

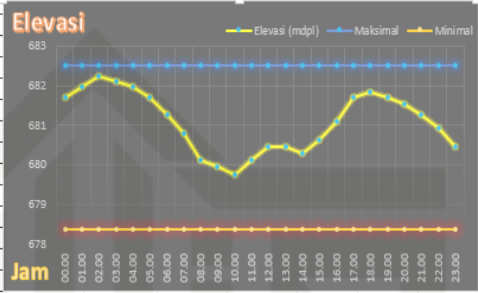
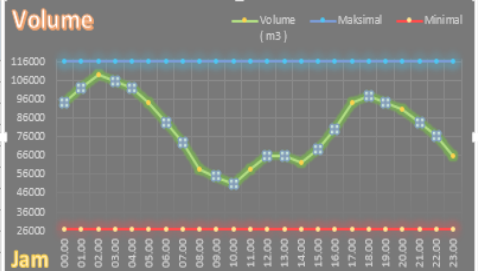
Volume pengoperasian adalah besaran volume air kolam Tando selama optimasi pengoperasian yang dilakukan atau yang akan dilakukan. Dibawah ini adalah gambar memasukkan contoh data volume pengopersian ke model program linear.

Hak Cipta Dan Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



=SERIES(Sheet2!\$E\$31;Sheet2!\$A\$32:\$A\$55;Sheet2!\$E\$110:\$E\$133;1)

JAM	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan ( m )	X ( m )	Elevasi (mdpl)	
109	00.00	8	6	3600	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
110	01.00	8	6	7200	101600	91,4029106	3,5663	681,9690
111	02.00	6	7	7200	108800	92,91941956	3,8360	682,2387
112	03.00	7	8	-3600	105200	92,16740318	3,7023	682,1050
113	04.00	7	9	-3600	101600	91,4029106	3,5663	681,9690
114	05.00	7	10	-7200	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
115	06.00	7	10	-10800	83600	87,37335228	2,8497	681,2524
116	07.00	6	10	-10800	72800	84,76532709	2,3858	680,7885
117	08.00	7	8	-14400	58400	81,01652342	1,7191	680,1218
118	09.00	7	8	-3600	54800	80,02315722	1,5424	679,9451
119	10.00	8	6	-3600	51200	79,00449677	1,3613	679,7640
120	11.00	8	6	7200	58400	81,01652342	1,7191	680,1218
121	12.00	8	8	7200	65600	82,93328921	2,0600	680,4627
122	13.00	9	10	0	65600	82,93328921	2,0600	680,4627
123	14.00	10	8	-3600	62000	81,98610941	1,8915	680,2942
124	15.00	10	7	7200	69200	83,85931409	2,2247	680,6274
125	16.00	10	6	10800	80000	86,52142181	2,6982	681,1009
126	17.00	10	9	14400	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
127	18.00	9	10	3600	98000	90,6254111	3,4281	681,8308
128	19.00	8	9	-3600	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
129	20.00	8	10	-3600	90800	89,02907953	3,1441	681,5468
130	21.00	8	10	-7200	83600	87,37335228	2,8497	681,2524
131	22.00	7	10	-7200	76400	85,65237557	2,5436	680,9463
132	23.00	6	9	-10800	65600	82,93328921	2,0600	680,4627

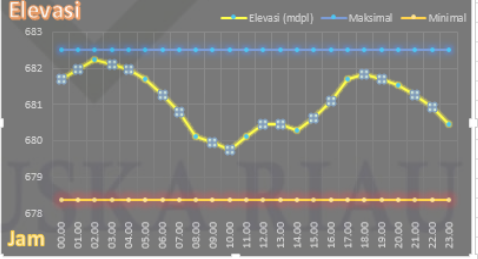
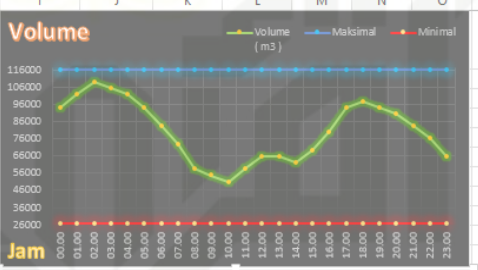


Gambar 3. 16 Input Volume pengoperasian ke model program linear Elevasi pengoperasian

Elevasi pengoperasian adalah tinggi volume air kolam Tando selama optimasi pengoperasian yang dilakukan atau yang akan dilakukan. Dibawah ini adalah gambar memasukkan contoh data elevasi pengopersian ke model program linear.

=SERIES(Sheet2!\$H\$31;Sheet2!\$A\$32:\$A\$55;Sheet2!\$H\$110:\$H\$133;1)

JAM	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan ( m )	X ( m )	Elevasi (mdpl)	
109	00.00	8	6	3600	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
110	01.00	8	6	7200	101600	91,4029106	3,5663	681,9690
111	02.00	6	7	7200	108800	92,91941956	3,8360	682,2387
112	03.00	7	8	-3600	105200	92,16740318	3,7023	682,1050
113	04.00	7	9	-3600	101600	91,4029106	3,5663	681,9690
114	05.00	7	10	-7200	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
115	06.00	7	10	-10800	83600	87,37335228	2,8497	681,2524
116	07.00	6	10	-10800	72800	84,76532709	2,3858	680,7885
117	08.00	7	8	-14400	58400	81,01652342	1,7191	680,1218
118	09.00	7	8	-3600	54800	80,02315722	1,5424	679,9451
119	10.00	8	6	-3600	51200	79,00449677	1,3613	679,7640
120	11.00	8	6	7200	58400	81,01652342	1,7191	680,1218
121	12.00	8	8	7200	65600	82,93328921	2,0600	680,4627
122	13.00	9	10	0	65600	82,93328921	2,0600	680,4627
123	14.00	10	8	-3600	62000	81,98610941	1,8915	680,2942
124	15.00	10	7	7200	69200	83,85931409	2,2247	680,6274
125	16.00	10	6	10800	80000	86,52142181	2,6982	681,1009
126	17.00	10	9	14400	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
127	18.00	9	10	3600	98000	90,6254111	3,4281	681,8308
128	19.00	8	9	-3600	94400	89,83433691	3,2874	681,6901
129	20.00	8	10	-3600	90800	89,02907953	3,1441	681,5468
130	21.00	8	10	-7200	83600	87,37335228	2,8497	681,2524
131	22.00	7	10	-7200	76400	85,65237557	2,5436	680,9463
132	23.00	6	9	-10800	65600	82,93328921	2,0600	680,4627



Gambar 3. 17 Input Volume pengoperasian ke model program linear

### 3.8 Analisis Optimasi

Untuk menentukan hasil dari optimasi yang dilakukan, maka perlu dilakukan perhitungan dan analisa pada hasil yang didapatkan. Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan pada hasil yang didapatkan:

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.





- a. Menganalisis efisiensi turbin menggunakan persamaan (2.3)
- b. Menganalisis besarnya efisiensi turbin generator menggunakan persamaan (2.5)
- c. Menganalisis besarnya produksi energi listrik yang dihasilkan (kW)
- d. Menganalisa keuntungan setelah melakukan optimasi dari segi produksi energi listrik dan profit biaya

### 3.9 Apakah Produksi Energi Listrik Sudah Optimal

Membandingkan hasil perhitungan yang didapatkan pada keadaan sebelum melakukan optimasi dengan keadaan setelah melakukan optimasi pola operasi debit, baik itu dari segi efisiensi yang didapatkan dan produksi daya yang didapatkan. Hasil yang didapatkan kemudian di analisa apakah kegiatan optimasi yang dilakukan sudah sesuai dengan tujuan yaitu meningkatkan produksi energi listrik dari keadaan sebelum optimasi dan keuntungan dalam segi produksi daya yang dihasilkan, dan juga keuntungan pendapatan (*income*) bagi perusahaan PLTA Batang Agam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, maka peneliti mendapatkan kesimpulan tentang pengoptimasi pembangkit listik tenaga air (PLTA) Batang Agam dengan pola operasi *outflow* menggunakan *linear programming*. Adapun beberapa kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Setelah menganalisis dan menentukan elevasi dan volume kolam Tando PLTA Batang Agam dengan menggunakan *linear programming* maka didapatkan waktu pelimpahan kolam Tando terjadi pada bulan November 2019 dengan rata-rata elevasi sebesar 682,22 mdpl dengan volume rata-rata sebesar 108826,63 m<sup>3</sup> dan pada bulan Desember 2019 dengan rata-rata elevasi sebesar 682,63 mdpl dengan rata-rata volume sebesar 119777,26 m<sup>3</sup>.
2. Setelah melakukan pengoptimasian pada pengoperasian debit *outflow* kolam Tando PLTA Batang Agam dengan *monitoring* sistem menggunakan *linear programming* maka didapatkan terjadinya peningkatan *outflow* kolam Tando ketika terjadi pelimpahan yaitu ketika bulan November 2019 dari rata-rata *outflow* sebesar 10,29 m<sup>3</sup>/s sebelum optimasi meningkat menjadi 11,29 m<sup>3</sup>/s setelah optimasi, dan pada bulan Desember 2019 dari rata-rata *outflow* sebesar 12,93 m<sup>3</sup>/s sebelum optimasi meningkat menjadi 13,77 m<sup>3</sup>/s setelah optimasi.
3. Setelah melakukan optimasi atau pengoptimasi pada *outflow* kolam Tando dengan menggunakan program linear didapatkan hasil optimasi diantaranya meningkatkan efisiensi turbin generator sebesar 1,3% dari 77,42% menjadi 78,38%, meningkatkan produksi energi listrik 2% dari 44688609 kWh menjadi 45543192 kWh, dan meningkatkan pendapatan biaya (*income*) 2% sebesar Rp. 965.678.790

### 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka dapat diajukan beberapa saran agar penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dimasa yang akan datang. Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Pengoptimasi atau proses optimasi sebaiknya dilakukan pada semua bulan yang terjadi pelimpahan kolam Tando dan curah hujan tinggi, sehingga hasil optimasi lebih optimal.
  2. Pada penelitian selanjutnya perhitungan efisiensi sebaiknya menghitung efisiensi turbin dan menghitung efisiensi generator dengan mempertimbangkan rugi-rugi daya yang terjadi.
  3. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan analisa beban dan kondisi beban puncak dan menggunakan aplikasi matlab.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Abdulsalam dan dkk, "Analisis Potensi Sungai Atep Oki Serta Desain Dasar Bangunan Sipil Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 02, no. 5, 2014.
- [2] Hasriani dan dkk, "Penerapan Media Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Terhadap Keterampilan Siswa," *Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 05, no. 2, 2017.
- [3] E. Sulistiyo, "Analisis Head Losses Pada Penstock Unit III di Perum Jasa Tirta II Unit Jasa Pembangkit PLTA Ir. H. Djuanda," *Jurnal Power Plant*, vol. 06, no. 1, 2018.
- [4] Antonov dan A. Rahman, "Prakiraan Dan Analisa Kebutuhan Energi Listrik Provinsi Sumatera Barat Hingga Tahun 2024 Dengan Metode Analisis Regresi Linear Berganda," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 04, 2015.
- [5] Winasis dan dkk, "Optimasi Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Menggunakan Linear Programming Dengan Batasan Ketersediaan Air," *Jurnal Dinamika Rekayasa*, vol. Volume 9, no. No. 2 ISSN 1858-3075, 2013.
- [6] PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Bukittinggi PLTA Batang Agam.
- [7] Winasis dan dkk, "Optimalisasi Jangka Menengah PLTA Memperhatikan Ketersediaan Air Menggunakan Linear Programming," *Jurnal NTETI*, vol. 03, no. 2. ISSN 2301 – 4156, Mei 2014.
- [8] Wesli, "Opersional Waduk," *Jurnal Teras Jurnal*, vol. 03, no. 2, 2013.
- [9] L. O. Musa dan dkk, "Sistem Monitoring Debit Inflow untuk Operasi Harian Pembangkit PLTA Bakaru," *Jurnal Sinergi*, no. No. 1, April 2020.
- [10] M. L. Hakim dan dkk, "Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 4, no. 1. ISSN: 2548-8260, 2020.
- [11] Basori dan dkk, "Analisa Unjuk Kerja Turbin Air Pada Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) Dengan Kapasitas 70 MW," *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ*, vol. Edisi Terbit III, 2016.
- [12] C. S. Samosir dan dkk, "Optimasi Pola Operasi Waduk Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Studi Kasus Waduk Wonogiri)," *Jurnal Teknik Pengairan*, vol. 06, no. 1, 2015.
- [13] D. Astried dan dkk, "Simulasi Pola Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Air Di Waduk Kedungombo," *Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 2013.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



- [14] S. N. Purnomo dan dkk, "Optimasi Sistem Operasi Kolam Tando Harian Muntu PLTA Ketenger Baturraden," *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9) Komda VI BMPTTSSI*, 2015.
- [15] O. Olawale dan dkk, "Optimizing Hydroelectric Power Generation The Case Of Shiroro Dam," *Proceedings of the world congress on engineering*, vol. 01, no. WCE London U.K, 2017.
- [16] P. Breeze, "Power Generation Technologies.," *Renewables 2013 Global Status Report, REN21, 2013. Copyright @ 2014 Paul Breeze. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.*, 2014.
- [17] A. B. Nasir, Design Considering Of Micro-Hidro-Elektrik Power Plant. *Energy procedia* 50., *Energy procedia*, 2014.
- [18] J. Rahmadi dan dkk, "Studi Kelayakan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Kincir Air Terapung di Desa Ella Hilir Kecamatan Ella Hilir Kabupaten Melawi," *Jurnal Elkha*, vol.07, no. 1, 2015.
- [19] P. Y. Tangkilisan dan dkk, "Analisa Perhitungan Specific Water Consumption Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Di Sistem Minahasa," *Jurnal E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 04, no. 5, 2015.
- [20] Y. Setiawan dan dkk, "Unjuk Kerja Turbin Air Tipe Cross Flow Dengan Variasi Debit Air Dan Sudut Serang Nosel," *Turbo Jurnal Teknik Mesin*, vol. 02, no. 1, 2013..
- [21] W. Arismunandar, *Penggerak Mula Turbin.* : ITB, Bandung, 2004.
- [22] H. Irawan dan dkk, "Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter," *Jurnal JHP17 jurnal hasil penelitian*, vol. 03, no. 1, 2018.
- [23] Kushadi dan dkk, "Rancang Bangun Dan Uji Performansi Turbin Air Jenis Kaplan Skala Mikrohidro," *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 07, no. 2, 2018.
- [24] G. Suwoto, "Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Air Hasil Modifikasi Pompa Sentrifugal Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," *Prosiding SNSTke-3*, 2012.
- [25] A. Sudaryanto, "Pengaruh Penguatan Medan Generator Sinkron Terhadap Tegangan Terminal," *Journal of Electrical Technology*, vol. 01, no. 3, 2016.
- [26] S. I. Shal, *e-book Synchronous Generators*, 2015.
- [27] P. Sari dan R. Fasha, "Pengaruh Ukuran Diameter Nosel 7 Dan 9 mm Terhadap Putaran Sudu Dan Daya Listrik Pada Turbin Pleton," *Jurnal Teknik Mesin*, 2012.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Hak Sifat Intelektual milik UIN Suska Riau

Sifat Isitilaf UIN Suska Riau

Sultan Saif Kasim Riau



- [28] Rifandy, "Rumus Volume Kerucut Terpancung (Ember) Beserta Pembuktiannya," Sabtu Mei 2014. [Online]. Available: <http://rifandy23.blogspot.com/2014/05/rumus-volume-kerucut-terpancung-ember.html?m=1>. [Diakses senin Desember 2020].
- [29] Tanzimah, "Pembelajaran program linear menggunakan aplikasi komputer Geogebra," *Prosiding seminar nasional 21 Universitas PGRI Palembang*, Vol. % 1 dari % 2 ISBN 978-602-52451-0-7, 2018.
- [30] Y. A. Pramana dan dkk, "Aplikasi Microsoft Office Excel 2010 untuk Menganalisis Butir Soal Pilihan Ganda," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 05, no. 2, 2013.
- [31] N. Gunantara, *Teknik Optimasi*, Denpasar: Udayana University Press, 2018.
- [32] S. Sitindjak, "Analisa Ekonomi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin," *Jurnal Analisis dan Informasi Kedirgantaraan*, vol. 1, no. 01, 2010.
- [33] "Statistik PLN 2019," Jakarta, 2020.
- [34] M. Dandekar dan K. Sharma, *Pembangkit Listrik Tenaga Air*, Jakarta: Universitas Indonesia, 1991.
- [35] D. Sutikno dan dkk, "Study on Pressure Distribution in the Blade Passage of the Francis Turbine," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 02, no. 2, 2011.
- [36] A. B. Yunanda dan A. Darwanto, "Pengendali Volume Air Untuk Rumah Kos Berbasis Arduino," *Jurnal Konvergensi*, vol. 14, no. 2, 2018.
- [37] T. S. R. d. E. Muljono, "Pengaturan Tekanan Glove Box - 101 Sebagai Persyaratan Crushing And Sieving Pada Proses Konversi Yellow Cake Menjadi Serbuk UO<sub>2</sub>," vol. No. 18/Tahun X., 2017.
- [38] D. Aribowo dan A. Rahmawaty, "Sistem Pendinginan Generator PT Indonesia Power UBP Suralaya Menggunakan Hidrogen," *Jurnal Setrum*, vol. 02, no. 1, 2013.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## LAMPIRAN

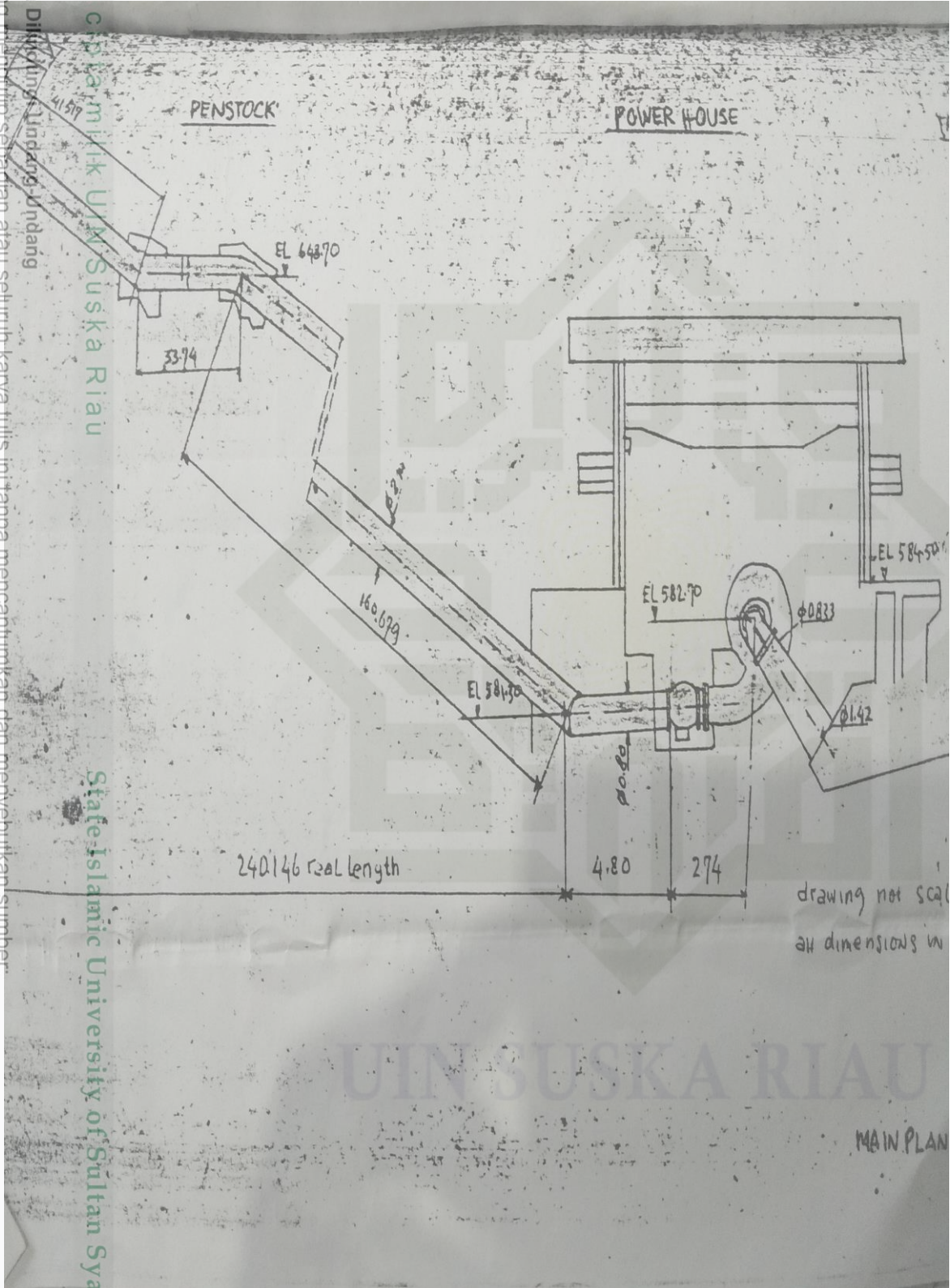
### Handbook Elevasi Kolam Tando Dan Elevasi Turbin

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta dimiliki UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







2. Data Spesifikasi Kolam Tando

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

<u>PONDAGE INTAKE</u>	
Overall length	78,105m
Width of free overfall crest	8.20 m
Crest elevation of free overfall	680.90 m asl

<u>PONDAGE SPILLWAY</u>	
Type	free overfall
Capacity	12 m <sup>3</sup> /s
Clear width of crest	4 x 2.50 m
Crest elevation	682.00 m asl

<u>PONDAGE OUTLET</u>	
Type	Intake tower
Clear width of intake	8 x 2.00 m
Clear height of intake	1,00 m
Crest elevation of intake	676.00 m asl

<u>DAILY PONDAGE</u>	
Highest water level	682.50 m asl
Normal water level	682.00 m asl
Low water level	678.00 m asl
Bottom level	676.50 ./. 675,50 m asl
Total capacity	116000 m <sup>3</sup>
Active capacity	89000 m <sup>3</sup>
Dead storage	27000 m <sup>3</sup>
Max. pondage surface	28000 m <sup>2</sup>
Min. pondage surface	16000 m <sup>2</sup>

<u>TUNNEL III</u>	
Type	Pressure tunnel
Circular section, dia	2.20 m
Length	1080 m
Gradient	1 ‰

### 3. Handbook Pengoperasian PLTA Batang Agam

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

#### Francis Spiral Turbines

#### Turbine Characteristics and Guarantees

Rated Speed = 750 rpm

Guaranteed Turbine Output, Discharge and Efficiency  
(To obtain the net head, the head losses have to be calculated according to 9B3.1.21)

Gross Head m	1 TURBINE OPERATING			3 TURBINES OPERATING		
	Net Head m	Dis-charge m <sup>3</sup> /s	Effi-ciency %	Net Head m	Dis-charge m <sup>3</sup> /s	Effi-ciency %
Turbine Output = 3.5 MW				Turbine Output = 3x3.5 MW		
99.5	98.7	4.11	88.0	93.1	3x 4.37	87.8
97.5	96.7	4.19	88.1	90.8	3x 4.49	87.6
95.5*	94.7	4.29	87.9	*89.0	3x 4.40	87.3
* At this head the turbine output may be lower than 3.5 MW						
Turbine Output = 3.15 MW				Turbine Output = 3x3.15 MW		
99.5	98.7	3.74	87.1	93.1	3x 3.95	87.5
97.5	96.7	3.80	87.4	90.8	3x 4.05	87.5
95.5	94.7	3.88	87.5	89.0	3x 4.14	87.3
Turbine Output = 2.8 MW				Turbine Output = 3x2.8 MW		
99.5	98.7	3.39	85.5	93.1	3x 3.56	86.3
97.5	96.7	3.44	86.0	90.8	3x 3.64	86.5
95.5	94.7	3.50	86.1	89.0	3x 3.71	86.5

\* Turbine output at net head of 89.0 m shall be of 3.35 MW.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

9C1.1 - 2

Gross Head m	1 TURBINE OPERATING			3 TURBINES OPERATING		
	Net Head m	Dis-charge m <sup>3</sup> /s	Effi- ciency %	Net Head m	Dis-charge m <sup>3</sup> /s	Effi- ciency %
Turbine Output = 2.45 MW				Turbine Output = 3x2.45 MW		
99.5	98.7	3.04	83.4	93.1	3x 3.18	84.5
97.5	96.7	3.08	83.9	90.8	3x 3.25	84.8
95.5	94.7	3.14	84.2	89.0	3x 3.31	84.8
Turbine Output = 2.1 MW				Turbine Output = 3x2.1 MW		
99.5	98.7	2.69	80.8	93.1	3x 2.81	82.0
97.5	96.7	2.73	81.3	90.8	3x 2.86	82.6
95.5	94.7	2.78	81.5	89.0	3x 2.92	82.5
Turbine Output = 1.75 MW				Turbine Output = 3x1.75 MW		
99.5	98.7	2.33	77.5	93.1	3x 2.43	78.8
97.5	96.7	2.37	78.0	90.8	3x 2.48	79.4
95.5	94.7	2.41	78.4	89.0	3x 2.52	79.5
Turbine Output = 1.4 MW				Turbine Output = 3x1.4 MW		
99.5	98.7	1.98	73.1	93.1	3x 2.06	74.5
97.5	96.7	2.00	73.7	90.8	3x 2.10	75.0
95.5	94.7	2.04	74.0	89.0	3x 2.13	75.3



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

operating data at 0.875 MW shall be given for information only:

Gross Head	1 TURBINE OPERATING			3 TURBINES OPERATING		
	Turbine Output = 0.875 MW			Turbine Output = 3x0.875 MW		
	Net Head	Dis-charge	Effi-ciency	Net Head	Dis-charge	Effi-ciency
m	m	m <sup>3</sup> /s	%	m	m <sup>3</sup> /s	%
99.5	98.7	1.43	63.3	93.1	3x 1.48	64.7
97.5	96.7	1.44	64.0	90.8	3x 1.52	64.5
95.5	94.7	1.46	64.5	89.0	3x 1.55	64.8

Gross Head	1 TURBINE OPERATING				3 TURBINES OPERATING			
	Net Head	Dis-charge	Effi-ciency	Output	Net Head	Dis-charge	Effi-ciency	Output
	m	m <sup>3</sup> /s	%	MW	m	m <sup>3</sup> /s	%	MW
Operating data at maximum permissible output					Operating data at maximum permissible output			
99.5	98.7	4.60 <del>4.11</del>	87.7 88.0	3.50 3.50	93.1	3x 4.48 4.37	87.5 87.8	3x 3.50 3.50
97.5	96.7	4.58 4.19	87.8 88.1	3.50 3.50	90.8	3x 4.49	87.6	3x 3.50 3.50
95.5	94.7	4.56 4.29	87.6 87.9	3.50 3.50	89.0	3x 4.40	87.3	3x 3.35 3.35

a" limited by max. guide vane opening, "b" limited by setting head (584.7 m a.s.l.)

Operating data at maximum efficiency					Operating data at maximum efficiency			
99.5	98.7	4.11	88.0	3.50	93.1	3x 4.37	87.8	3x 3.50
97.5	96.7	4.19	88.1	3.50	90.8	3x 4.29	87.8	3x 3.35
95.5	94.7	4.29	87.9	3.50	89.0	3x 4.23	87.5	3x 3.23



#### 4. Perhitungan Daya hidrolis ( $P_{air}$ ) bulan Februari – Desember 2019

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{februari}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 9,41 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,78 \text{ m} \\
 &= 9117,36 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{maret}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 6,67 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,70 \text{ m} \\
 &= 6456,78 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{april}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 8,98 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,71 \text{ m} \\
 &= 8692,57 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{mei}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 6,08 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,51 \text{ m} \\
 &= 5873,60 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{juni}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 8,15 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,17 \text{ m} \\
 &= 7840,51 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{juli}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1,72 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 97,00 \text{ m} \\
 &= 1640,51 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{agustus}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 4,84 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,58 \text{ m} \\
 &= 4678,90 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{september}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 4,57 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,58 \text{ m} \\
 &= 4418,29 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{oktober}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 6,31 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 98,65 \text{ m} \\
 &= 6100,25 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{november}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 10,29 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 99,52 \text{ m} \\
 &= 10040,90 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{air}(\text{desember}) &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 12,81 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 99,89 \text{ m} \\
 &= 12539,95 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## 5. Perhitungan Efisiensi Turbin Generator Sebelum Optimasi

$$\begin{aligned} \eta_{sp}(\text{februari}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{7049,51}{9117,36} \times 100\% = 77,32\% \\ \eta_{sp}(\text{maret}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{4998,44}{6456,78} \times 100\% = 77,41\% \\ \eta_{sp}(\text{april}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{6722,65}{8692,57} \times 100\% = 77,33\% \\ \eta_{sp}(\text{mei}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{4550,83}{5873,60} \times 100\% = 77,48\% \\ \eta_{sp}(\text{juni}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{6098,76}{7840,51} \times 100\% = 77,78\% \\ \eta_{sp}(\text{juli}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{1290,03}{1640,51} \times 100\% = 78,63\% \\ \eta_{sp}(\text{agustus}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{3625,20}{4678,90} \times 100\% = 77,48\% \\ \eta_{sp}(\text{september}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{3426,60}{4418,29} \times 100\% = 77,55\% \\ \eta_{sp}(\text{oktober}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{4727,43}{6100,25} \times 100\% = 77,50\% \\ \eta_{sp}(\text{november}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{7695,90}{10040,90} \times 100\% = 76,65\% \\ \eta_{sp}(\text{desember}) &= \frac{P_g}{P_{air}} \times 100\% = \frac{9710,67}{12539,95} \times 100\% = 76,66\% \end{aligned}$$

## 6. Produksi Energi Listrik Sebelum Optimasi

$$\begin{aligned} \text{Total energi listrik (kWh)(januari)} &= 6518,03 \times 27 \times 24 = 4223688 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(februari)} &= 7049,51 \times 27 \times 24 = 4568088 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(maret)} &= 4998,44 \times 25 \times 24 = 2999065 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(april)} &= 6722,65 \times 26 \times 24 = 4194936 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(mei)} &= 4550,83 \times 26 \times 24 = 2839723 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(juni)} &= 6098,76 \times 29 \times 24 = 4244741 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(juli)} &= 1290,03 \times 12 \times 24 = 371529 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(agustus)} &= 3625,20 \times 30 \times 24 = 2610144 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(september)} &= 3426,60 \times 30 \times 24 = 2467152 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(oktober)} &= 4727,43 \times 30 \times 24 = 3403752 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(november)} &= 7695,90 \times 30 \times 24 = 5541048 \text{ kWh} \\ \text{Total energi listrik (kWh)(desember)} &= 9710,67 \times 31 \times 24 = 7224743 \text{ kWh} \end{aligned}$$

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.







### 11. Hasil Pengolahan dan Optimalisasi dari Pengoperasian bulan Januari 2019

TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan ( m )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN ( m <sup>3</sup> )	SEBELUM OPTIMASI				SETELAH OPTIMASI				ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI		
													OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan ( m )	X (m)	OPTIMASI						
01-Jan	5,05	6,37	681,63	98,93	4766,67	71,20		3,23	89,50	92919,78	-5245,15	-496,76	6,37	92919,78	88,32	3,02	681,63	4766,67						
02-Jan	5,90	7,46	681,42	98,72	5585,19	77,36	-4748,39	3,02	88,32	87674,63	6837,12	7,46	-4748,39	87674,63	88,32	3,02	681,42	5585,19						
03-Jan	6,09	7,42	681,47	98,77	5551,85	77,32	-5607,49	3,07	88,60	88904,26	1229,63	214,05	7,42	88904,26	88,60	3,07	681,47	5551,85						
06-Jan	7,67	8,57	681,28	98,58	6412,96	77,47	-4773,85	2,88	87,55	84344,46	-4559,80	8487,09	8,57	84344,46	87,55	2,88	681,28	6412,96						
07-Jan	10,90	12,01	681,50	98,80	8988,89	77,30	-3240,78	3,10	88,76	89590,77	5246,31	358,88	12,01	89590,77	88,76	3,10	681,50	8988,89						
08-Jan	12,26	13,42	681,35	98,65	10044,44	77,42	-3992,40	2,95	87,92	85957,26	-3633,52	23322,94	13,42	85957,26	87,92	2,95	681,35	10044,44						
09-Jan	12,26	12,52	682,10	99,40	9372,22	76,83	-4164,10	3,70	92,15	105116,10	1915,85	-17753,84	12,52	-4164,10	92,15	3,70	682,10	9372,22						
10-Jan	9,55	10,40	681,39	98,69	7550,00	77,05	-930,71	2,99	88,15	86931,56	-18184,54	-6357,71	10,40	86931,56	88,15	2,99	681,39	7550,00						
11-Jan	7,09	7,55	680,99	98,29	5650,00	77,70	-3060,00	2,59	85,92	77513,84	-941,71	6252,37	7,55	-3060,00	85,92	2,59	680,99	5650,00						
12-Jan	5,89	6,05	681,19	98,49	4527,78	77,54	-1638,94	2,79	87,03	82127,27	4613,43	7437,84	6,05	82127,27	87,03	2,79	681,19	4527,78						
13-Jan	5,05	5,81	681,47	98,77	4350,00	77,32	-569,45	3,07	88,62	88995,66	6868,39	4350,59	5,81	88995,66	88,62	3,07	681,47	4350,00						
14-Jan	8,71	9,33	681,54	98,84	6985,19	77,27	-2744,22	3,14	88,98	90602,03	1606,37	16665,14	9,33	90602,03	88,98	3,14	681,54	6985,19						
15-Jan	10,47	10,35	682,08	99,38	7748,15	76,85	-2241,89	3,67	92,00	104425,29	13823,26	-21051,95	10,35	-2241,89	92,00	3,67	682,08	7748,15						
16-Jan	8,52	9,45	681,26	98,56	7074,07	77,49	436,58	2,86	87,42	83809,92	-2061,13	10503,88	9,45	83809,92	87,42	2,86	681,26	7074,07						
18-Jan	8,78	9,87	681,55	98,85	7388,89	77,26	-3342,75	3,15	89,07	90971,06	7161,13	-6480,59	9,87	90971,06	89,07	3,15	681,55	7388,89						
19-Jan	7,08	8,26	681,12	98,42	6185,19	77,59	-3943,24	2,72	86,65	80547,23	-10423,82	3784,55	8,26	80547,23	86,65	2,72	681,12	6185,19						
20-Jan	5,77	6,23	681,10	98,40	4662,96	77,61	-4261,27	2,70	86,54	80070,51	-476,72	14129,14	6,23	80070,51	86,54	2,70	681,10	4662,96						
22-Jan	11,97	12,90	681,62	98,92	9653,70	77,21	-1652,53	3,21	89,42	92547,13	12476,61	2738,60	12,90	92547,13	89,42	3,21	681,62	9653,70						
23-Jan	9,08	10,31	681,59	98,89	7718,52	77,23	-3342,69	3,19	89,29	91943,04	-604,09	2483,41	10,31	-3342,69	89,29	3,19	681,59	7718,52						
24-Jan	6,51	8,40	681,51	98,81	6287,04	77,29	-4422,61	3,11	88,85	90003,84	-1939,19	7647,95	8,40	-4422,61	88,85	3,11	681,51	6287,04						
25-Jan	8,14	9,79	681,55	98,85	7329,63	77,26	-6819,19	3,15	89,04	90832,59	828,75	-9019,94	9,79	90832,59	89,04	3,15	681,55	7329,63						
26-Jan	7,43	8,11	680,92	98,22	6066,67	77,75	-5966,68	2,52	85,52	75845,98	-14986,62	10582,73	8,11	75845,98	85,52	2,52	680,92	6066,67						
27-Jan	6,49	7,37	681,27	98,57	5514,81	77,48	-2440,77	2,87	87,46	83987,93	8141,96	10274,58	7,37	83987,93	87,46	2,87	681,27	5514,81						
28-Jan	7,41	8,22	681,56	98,86	6151,85	77,25	-3152,90	3,16	89,10	91109,62	7121,69	-7488,89	8,22	91109,62	89,10	3,16	681,56	6151,85						
29-Jan	6,79	6,80	681,13	98,43	5088,89	77,59	-2898,61	2,73	86,69	80722,12	-10387,50	1275,06	6,80	-2898,61	86,69	2,73	681,13	5088,89						
30-Jan	5,69	6,11	681,18	98,48	4570,37	77,55	-46,14	2,78	86,99	81951,04	1228,92	10054,57	6,11	81951,04	86,99	2,78	681,18	4570,37						
31-Jan	5,41	6,09	681,54	98,84	4561,11	77,27	-1495,72	3,13	88,96	90509,89	8558,85	-1361,22	6,09	90509,89	88,96	3,13	681,54	4561,11						
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang													JUMLAH	175987,04				JUMLAH	175987,04				OPTIMASI	0,00

BULAN JANUARI 2019

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 12. Hasil Pengolahan dan Optimasi dari Pengoperasian bulan Februari 2019

TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)	ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI
01-Feb	5,41	5,30	681,38	98,68	4000,00	78,04	-2461,14	2,98	88,09	86687,52	-3822,37	2553,11	5,30	-2461,14	86687,52	88,09	2,98	681,38	4000,00
02-Feb	4,88	5,50	681,50	98,80	4081,00	76,63	396,00	3,10	88,77	89636,63	2949,11	997,73	5,50	396,00	89636,63	88,77	3,10	681,50	4081,00
03-Feb	5,84	6,80	681,45	98,75	5119,00	77,79	-2232,00	3,05	88,48	88402,36	-1234,27	768,10	6,80	-2232,00	88402,36	88,48	3,05	681,45	5119,00
04-Feb	6,45	7,50	681,34	98,64	5585,00	77,03	-3456,00	2,94	87,87	85714,46	-2687,90	4265,91	7,50	-3456,00	85714,46	87,87	2,94	681,34	5585,00
05-Feb	6,35	6,70	681,36	98,66	4996,00	77,12	-3780,00	2,96	87,98	86200,37	485,91	-1397,14	6,70	-3780,00	86200,37	87,98	2,96	681,36	4996,00
06-Feb	9,82	10,20	681,25	98,55	7650,00	77,66	-1260,00	2,85	87,36	83543,23	-2657,14	6719,90	10,20	-1260,00	83543,23	87,36	2,85	681,25	7650,00
07-Feb	8,82	9,20	681,47	98,77	6852,00	76,94	1368,00	3,07	88,60	88895,13	5351,90	22122,68	9,20	1368,00	88895,13	88,60	3,07	681,47	6852,00
08-Feb	12,24	13,20	682,27	99,57	9885,00	76,74	-1368,00	3,87	93,10	109649,81	20754,68	2098,20	13,20	-1368,00	109649,81	93,10	3,87	682,27	9885,00
09-Feb	12,26	13,50	682,22	99,52	10083,00	76,58	-3456,00	3,82	92,81	108292,00	-1357,80	11056,68	13,50	-3456,00	108292,00	92,81	3,82	682,22	10083,00
10-Feb	12,26	13,40	682,46	99,76	9998,00	76,32	-4464,00	4,06	94,16	114884,69	6592,68	-9417,63	13,40	-4464,00	114884,69	94,16	4,06	682,46	9998,00
11-Feb	10,75	12,80	681,96	99,26	9606,00	77,15	-4104,00	3,56	91,35	101363,06	-13521,63	-18647,10	12,80	-4104,00	101363,06	91,35	3,56	681,96	9606,00
12-Feb	7,13	8,00	680,90	98,20	6015,00	78,13	-3380,00	2,50	85,99	75335,96	-26027,10	10860,17	8,00	-3380,00	75335,96	85,99	2,50	680,90	6015,00
13-Feb	6,23	6,60	680,90	98,53	4950,00	77,67	-1332,00	2,83	87,75	89636,13	7728,17	7904,49	6,60	-1332,00	89636,13	87,75	2,83	681,23	4950,00
14-Feb	5,57	5,80	681,50	98,80	4333,00	77,16	-1332,00	3,10	88,77	89636,63	6572,49	1572,32	5,80	-1332,00	89636,63	88,77	3,10	681,50	4333,00
15-Feb	7,04	7,00	681,53	98,83	5252,00	77,47	-828,00	3,13	88,93	90380,95	744,32	-4567,69	7,00	-828,00	90380,95	88,93	3,13	681,53	5252,00
16-Feb	10,50	10,90	681,35	98,65	8141,00	77,26	144,00	2,95	87,92	85957,26	-4423,69	12690,54	10,90	144,00	85957,26	87,92	2,95	681,35	8141,00
17-Feb	10,31	12,00	681,80	99,10	9006,00	77,28	-1440,00	3,40	90,45	97207,80	11250,54	1004,91	12,00	-1440,00	97207,80	90,45	3,40	681,80	9006,00
18-Feb	11,07	12,20	681,60	98,90	9161,00	77,47	-6084,00	3,20	89,33	92128,71	-5079,09	5831,23	12,20	-6084,00	92128,71	89,33	3,20	681,60	9161,00
20-Feb	9,95	12,10	681,67	98,97	9044,00	77,06	-4068,00	3,27	89,72	93891,95	1763,23	-4991,88	12,10	-4068,00	93891,95	89,72	3,27	681,67	9044,00
21-Feb	10,42	10,90	681,15	98,45	8128,00	77,29	-7740,00	2,75	86,80	81160,07	-12731,88	-1556,92	10,90	-7740,00	81160,07	86,80	2,75	681,15	8128,00
22-Feb	10,82	11,50	681,01	98,31	8607,00	77,68	-1728,00	2,61	86,01	77875,15	-3284,92	6682,49	11,50	-1728,00	77875,15	86,01	2,61	681,01	8607,00
23-Feb	8,26	9,10	681,19	98,49	6844,00	77,92	-2448,00	3,24	87,02	82109,64	4234,49	14048,74	9,10	-2448,00	82109,64	87,02	2,79	681,19	6844,00
24-Feb	9,43	10,60	681,64	98,94	7920,00	77,06	-3024,00	3,24	89,55	93134,38	11024,74	-2722,01	10,60	-3024,00	93134,38	89,55	3,24	681,64	7920,00
25-Feb	7,72	8,10	681,36	98,66	6031,00	77,01	-4212,00	2,96	87,98	86200,37	-6934,01	-11999,07	8,10	-4212,00	86200,37	87,98	2,96	681,36	6031,00
26-Feb	6,17	5,40	680,79	98,09	4059,00	78,19	-1368,00	2,39	84,77	72833,29	-1367,07	15024,39	5,40	-1368,00	72833,29	84,77	2,39	680,79	4059,00
27-Feb	8,64	9,00	681,54	98,84	6722,00	77,11	2772,00	3,14	88,99	90629,69	17796,39	-11922,94	9,00	2772,00	90629,69	88,99	3,14	681,54	6722,00
28-Feb	12,48	11,00	680,99	98,29	8269,00	78,04	-1296,00	2,59	85,90	77410,75	-13218,94	7890,94	11,00	-1296,00	77410,75	85,90	2,59	680,99	8269,00
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang													Jumlah					190337,00	
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:													OPTIMASI					0,00	

BULAN FEBRUARI 2019

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BULAN MARET 2019

SEBELUM OPTIMASI										SETELAH OPTIMASI									
TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan ( m )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m3)	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan ( m )	X (m)	ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI	
01-Mar	16,53	10,80	681,54	98,84	8048,00	5328,00	3,14	88,99	90629,69	13218,94	-20628,00	10,80	5328,00	90629,69	88,99	3,14	681,54	8048,00	
02-Mar	16,67	11,20	681,54	98,84	8369,00	20628,00	3,14	88,99	90629,69	0,00	-27496,64	11,20	20628,00	90629,69	88,99	3,14	681,54	8369,00	
03-Mar	13,98	9,10	681,22	98,52	6833,00	19692,00	2,82	87,19	82825,05	-7804,64	-12727,49	9,10	19692,00	82825,05	87,19	2,82	681,22	6833,00	
04-Mar	10,31	10,70	681,42	98,72	8033,00	17568,00	3,02	88,32	87665,55	4840,51	182,23	10,70	17568,00	87665,55	88,32	3,02	681,42	8033,00	
06-Mar	7,59	7,80	681,37	98,67	5863,00	-1404,00	2,97	88,03	86443,79	-1221,77	2223,06	7,80	-1404,00	86443,79	88,03	2,97	681,37	5863,00	
08-Mar	6,13	7,40	681,43	98,73	5511,00	-756,00	3,03	88,37	87910,84	1467,06	684,71	7,40	-756,00	87910,84	88,37	3,03	681,43	5511,00	
10-Mar	5,37	5,70	681,27	98,57	4283,00	-4572,00	2,87	87,47	84023,56	-3887,29	4830,00	5,70	-4572,00	84023,56	87,47	2,87	681,27	4283,00	
11-Mar	4,69	5,40	681,42	98,72	4074,00	-1188,00	3,02	88,32	87665,55	3642,00	6518,22	5,40	-1188,00	87665,55	88,32	3,02	681,42	4074,00	
12-Mar	4,69	5,80	681,58	98,88	4369,00	-2556,00	3,18	89,22	91627,78	3962,22	-4088,55	5,80	-2556,00	91627,78	89,22	3,18	681,58	4369,00	
14-Mar	4,69	4,40	681,25	98,55	3272,00	-3996,00	2,85	87,36	83543,23	-8084,55	642,57	4,40	-3996,00	83543,23	87,36	2,85	681,25	3272,00	
15-Mar	4,69	5,20	681,32	98,62	3872,00	1044,00	2,92	87,75	85229,79	1686,57	389,44	5,20	1044,00	85229,79	87,75	2,92	681,32	3872,00	
16-Mar	4,69	4,80	681,26	98,56	3594,00	-1836,00	2,86	87,42	83783,24	-1446,56	3549,32	4,80	-1836,00	83783,24	87,42	2,86	681,26	3594,00	
17-Mar	4,69	4,90	681,39	98,69	3678,00	-396,00	2,99	88,15	86931,56	3148,32	268,23	4,90	-396,00	86931,56	88,15	2,99	681,39	3678,00	
18-Mar	4,45	5,00	681,37	98,67	3741,00	-756,00	2,97	88,03	86443,79	-487,77	8670,59	5,00	-756,00	86443,79	88,03	2,97	681,37	3741,00	
19-Mar	4,07	4,00	681,64	98,94	2963,00	-1980,00	3,24	89,55	93134,38	6690,59	5111,11	4,00	-1980,00	93134,38	89,55	3,24	681,64	2963,00	
20-Mar	6,61	7,90	681,85	99,15	5880,00	252,00	3,45	90,73	98497,49	5363,11	-2225,71	7,90	252,00	98497,49	90,73	3,45	681,85	5880,00	
21-Mar	7,24	7,98	681,58	98,88	5974,07	-4644,00	3,18	89,22	91627,78	-6669,71	-12011,50	7,98	-4644,00	91627,78	89,22	3,18	681,58	5974,07	
22-Mar	5,90	5,40	680,97	98,27	4048,00	-2668,71	2,57	85,79	76947,57	-14680,21	-1568,56	5,40	-2668,71	76947,57	85,79	2,57	680,97	4048,00	
23-Mar	5,05	4,80	680,98	98,28	3594,00	1800,00	2,58	85,84	77179,01	2314,44	6908,92	4,80	1800,00	77179,01	85,84	2,58	680,98	3594,00	
25-Mar	5,05	4,70	681,31	98,61	3552,00	900,00	2,91	87,70	84987,93	7808,92	2154,43	4,70	900,00	84987,93	87,70	2,91	681,31	3552,00	
26-Mar	4,89	5,60	681,45	98,75	4219,00	1260,00	3,05	88,48	88402,36	3414,43	-6804,89	5,60	1260,00	88402,36	88,48	3,05	681,45	4219,00	
27-Mar	4,69	5,00	681,06	98,36	3715,00	-2556,00	2,66	86,29	79041,47	-9360,89	18256,34	5,00	-2556,00	79041,47	86,29	2,66	681,06	3715,00	
28-Mar	4,82	5,70	681,76	99,06	4302,00	-1116,00	3,36	90,23	96181,80	17140,34	87,8,14	5,70	-1116,00	96181,80	90,23	3,36	681,76	4302,00	
29-Mar	8,82	9,30	681,67	98,97	6963,00	-3168,00	3,27	89,72	93891,95	-2289,86	-5963,58	9,30	-3168,00	93891,95	89,72	3,27	681,67	6963,00	
30-Mar	7,37	8,30	681,36	98,66	6211,00	-1728,00	2,96	87,98	86200,37	-7691,58	-266,09	8,30	-1728,00	86200,37	87,98	2,96	681,36	6211,00	
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang										Jumlah									
										124961,07									
										0,00									

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





### 14. Hasil Pengolahan dan Optimasi dari Pengoperasian bulan April 2019

SEBELUM OPTIMASI														BULAN APRIL 2019														SETELAH OPTIMASI													
TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan ( m )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) ( m <sup>3</sup> )	Volume ( m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan ( m )	X (m)	ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI																						
01-Apr	11,52	12,60	681,21	98,51	9419,00	77,43	3348,00	2,81	87,14	82586,27	-3614,09	1517,14	12,60	-3348,00	82586,27	87,14	2,81	681,21	9419,00																						
02-Apr	7,21	7,30	681,11	98,41	5448,00	77,38	-3888,00	2,71	86,57	80215,41	-2370,86	324,00	7,30	-3888,00	80215,41	86,57	2,71	681,11	5448,00																						
03-Apr	5,09	6,20	681,11	98,41	4650,00	77,77	-324,00	2,71	86,57	80215,41	0,00	728,15	6,20	-324,00	80215,41	86,57	2,71	681,11	4650,00																						
04-Apr	5,04	6,60	680,97	98,27	4930,00	77,56	-3996,00	2,57	85,79	76947,57	-3267,85	19796,54	6,60	-3996,00	76947,57	85,79	2,57	680,97	4930,00																						
05-Apr	4,98	6,60	681,56	98,86	4970,00	77,73	-5616,00	3,16	89,10	91128,10	14180,54	-6254,63	6,60	-5616,00	91128,10	89,10	3,16	681,56	4970,00																						
06-Apr	6,32	7,20	681,06	98,36	5394,00	77,07	-5832,00	2,66	86,29	79041,47	-12086,63	22107,19	7,20	-5832,00	79041,47	86,29	2,66	681,06	5394,00																						
07-Apr	12,24	12,70	681,83	99,13	9509,00	77,07	-3168,00	3,43	90,62	97980,65	18939,19	2690,96	12,70	-3168,00	97980,65	90,62	3,43	681,83	9509,00																						
08-Apr	10,42	11,40	681,87	99,17	8520,00	76,90	-1656,00	3,47	90,85	99015,61	1034,96	-6839,02	11,40	-1656,00	99015,61	90,85	3,47	681,87	8520,00																						
09-Apr	8,20	9,50	681,46	98,76	7096,00	77,18	-3528,00	3,06	88,54	88648,59	-10367,02	536,54	9,50	-3528,00	88648,59	88,54	3,06	681,46	7096,00																						
10-Apr	8,40	9,80	681,29	98,59	7335,00	77,47	-4680,00	2,89	87,58	84505,12	-4143,46	4558,43	9,80	-4680,00	84505,12	87,58	2,89	681,29	7335,00																						
11-Apr	7,74	8,10	681,27	98,57	6061,00	77,46	-5040,00	2,87	87,47	84023,56	-481,57	336,58	8,10	-5040,00	84023,56	87,47	2,87	681,27	6061,00																						
12-Apr	10,15	10,60	681,23	98,53	7944,00	77,61	-1296,00	2,83	87,25	83064,13	-959,42	2820,05	10,60	-1296,00	83064,13	87,25	2,83	681,23	7944,00																						
13-Apr	7,59	8,40	681,28	98,58	6289,00	77,50	-1620,00	2,88	87,53	84264,19	1200,05	-3240,38	8,40	-1620,00	84264,19	87,53	2,88	681,28	6289,00																						
14-Apr	6,31	7,10	681,02	98,32	5307,00	77,58	-2916,00	2,62	86,07	78107,80	-6156,38	9000,38	7,10	-2916,00	78107,80	86,07	2,62	681,02	5307,00																						
15-Apr	12,26	12,60	681,28	98,58	9415,00	77,35	-2844,00	2,88	87,53	84264,19	6156,38	16234,96	12,60	-2844,00	84264,19	87,53	2,88	681,28	9415,00																						
16-Apr	12,26	13,00	681,88	99,18	9743,00	77,11	-1224,00	3,48	90,90	99275,15	15010,96	845,54	13,00	-1224,00	99275,15	90,90	3,48	681,88	9743,00																						
17-Apr	12,24	13,20	681,52	99,40	9854,00	76,63	-2664,00	3,22	89,44	105066,69	5791,54	-8979,77	13,20	-2664,00	105066,69	89,44	3,22	681,52	9854,00																						
18-Apr	10,42	10,90	681,62	98,92	8156,00	77,19	-3456,00	3,22	89,44	92630,91	-12435,77	3242,19	10,90	-3456,00	92630,91	89,44	3,22	681,62	8156,00																						
19-Apr	13,55	13,20	681,68	98,98	9907,00	77,37	-1728,00	3,28	89,78	94145,11	1514,19	-5520,68	13,20	-1728,00	94145,11	89,78	3,28	681,68	9907,00																						
20-Apr	9,97	11,30	681,51	98,81	8428,00	77,02	1260,00	3,11	88,82	89884,42	-4260,68	-1072,86	11,30	1260,00	89884,42	88,82	3,11	681,51	8428,00																						
21-Apr	8,35	9,20	681,27	98,57	6852,00	77,10	-4788,00	2,87	87,47	84023,56	-5860,86	-983,55	9,20	-4788,00	84023,56	87,47	2,87	681,27	6852,00																						
22-Apr	8,98	9,30	681,10	98,40	6993,00	77,98	-3060,00	2,70	86,52	79980,01	-4043,55	14811,10	9,30	-3060,00	79980,01	86,52	2,70	681,10	6993,00																						
23-Apr	11,66	12,40	681,66	98,96	9246,00	76,89	-1152,00	3,26	89,67	93639,11	13659,10	17046,32	12,40	-1152,00	93639,11	89,67	3,26	681,66	9246,00																						
24-Apr	11,73	13,20	682,21	99,51	9878,00	76,74	-2664,00	3,81	92,76	108021,43	14382,32	-13587,45	13,20	-2664,00	108021,43	92,76	3,81	682,21	9878,00																						
25-Apr	12,26	13,30	681,48	98,78	9922,00	77,06	-5292,00	3,08	88,65	89141,98	-18879,45	11809,82	13,30	-5292,00	89141,98	88,65	3,08	681,48	9922,00																						
26-Apr	4,54	4,90	681,80	99,10	3691,00	77,56	-3744,00	3,40	90,45	97207,80	8065,82	-24204,08	4,90	-3744,00	97207,80	90,45	3,40	681,80	3691,00																						
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang																			Jumlah	194957,00																					
1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:																			Jumlah	194957,00																					
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.																			Jumlah	194957,00																					
b. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.																			Jumlah	194957,00																					

### 15. Hasil Pengolahan dan Optimasi dari Pengoperasian bulan Mei 2019

TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	SEBELUM OPTIMASI										BULAN MEI 2019										SETELAH OPTIMASI										DAYA OPTIMASI
							VOLUME IN/OUT	x (m)	Jari-jari Permukaan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	x (m)	ELEVASI SEKARANG																			
6 mei 19	5,65	5,10	680,74	98,04	3833,00	78,22	-1296,00	2,34	84,49	71707,72	-25500,08	-175,48	5,10	-1296,00	71707,72	84,49	2,34	680,74	3833,00																		
7 mei 19	1,75	0,80	680,82	98,12	622,00	80,86	1980,00	2,42	84,94	73512,23	1804,52	-3193,09	0,80	1980,00	73512,23	84,94	2,42	680,82	622,00																		
8 mei 19	2,54	3,00	680,83	98,13	2209,00	76,57	3420,00	2,43	85,00	73739,15	226,91	7192,50	3,00	3420,00	73739,15	85,00	2,43	680,83	2209,00																		
9 mei 19	5,05	5,40	681,07	98,37	4037,00	77,55	-1656,00	2,67	86,35	79275,65	5536,50	3381,36	5,40	-1656,00	79275,65	86,35	2,67	681,07	4037,00																		
10 mei 19	5,05	4,70	681,16	98,46	3504,00	77,26	-1260,00	2,76	86,85	81397,00	2121,36	-309,20	4,70	-1260,00	81397,00	86,85	2,76	681,16	3504,00																		
11 mei 19	5,05	4,90	681,20	98,50	3663,00	77,44	1260,00	2,80	87,08	82347,80	950,80	1376,38	4,90	1260,00	82347,80	87,08	2,80	681,20	3663,00																		
12 mei 19	5,05	4,80	681,28	98,58	3611,00	77,87	900,00	2,88	87,53	84264,19	1916,38	-10285,96	4,80	900,00	84264,19	87,53	2,88	681,28	3611,00																		
13 mei 19	3,77	4,80	680,88	98,18	3570,00	77,30	900,00	2,48	85,28	74878,22	-9385,96	5084,84	4,80	900,00	74878,22	85,28	2,48	680,88	3570,00																		
14 mei 19	3,01	5,00	680,94	98,24	3759,00	78,09	-3708,00	2,54	85,62	76255,06	1376,84	5330,63	5,00	-3708,00	76255,06	85,62	2,54	680,94	3759,00																		
15 mei 19	5,02	5,40	680,86	98,16	4030,00	77,58	-7164,00	2,46	85,17	74421,69	-1833,37	33619,77	5,40	-7164,00	74421,69	85,17	2,46	680,86	4030,00																		
16 mei 19	12,64	12,90	682,16	99,46	9652,00	76,76	-1368,00	3,76	92,48	106673,46	32251,77	-23151,19	12,90	-1368,00	106673,46	92,48	3,76	682,16	9652,00																		
17 mei 19	9,39	10,80	681,21	98,51	8078,00	77,48	-936,00	2,81	87,14	82586,27	-24087,19	8446,99	10,80	-936,00	82586,27	87,14	2,81	681,21	8078,00																		
18 mei 19	8,19	9,30	681,35	98,65	6996,00	77,81	-5076,00	2,95	87,92	85957,26	3370,99	10418,40	9,30	-5076,00	85957,26	87,92	2,95	681,35	6996,00																		
19 mei 19	8,43	9,30	681,61	98,91	6937,00	76,95	-3996,00	3,21	89,38	92379,66	6422,40	3132,00	9,30	-3996,00	92379,66	89,38	3,21	681,61	6937,00																		
20 mei 19	8,43	9,30	681,61	98,91	6937,00	76,95	-3132,00	3,21	89,38	92379,66	0,00	-7850,65	9,30	-3132,00	92379,66	89,38	3,21	681,61	6937,00																		
21 mei 19	12,70	12,80	681,16	98,46	9578,00	77,55	-3132,00	2,76	86,85	81397,00	-10982,65	-1056,99	12,80	-3132,00	81397,00	86,85	2,76	681,16	9578,00																		
22 mei 19	8,42	9,80	681,10	98,40	7348,00	77,75	-360,00	2,70	86,52	79980,01	-1416,99	10702,45	9,80	-360,00	79980,01	86,52	2,70	681,10	7348,00																		
23 mei 19	12,49	12,60	681,34	98,64	9439,00	77,50	-4968,00	2,94	87,87	85714,46	5734,45	-4631,33	12,60	-4968,00	85714,46	87,87	2,94	681,34	9439,00																		
24 mei 19	7,03	8,20	681,13	98,43	6133,00	77,54	-396,00	2,73	86,69	80667,13	-5027,33	1865,63	8,20	-396,00	80667,13	86,69	2,73	681,13	6133,00																		
25 mei 19	5,25	5,90	681,03	98,33	4417,00	77,69	-4212,00	2,63	86,12	78340,76	-2367,37	4214,65	5,90	-4212,00	78340,76	86,12	2,63	681,03	4417,00																		
26 mei 19	4,69	5,10	681,11	98,41	3807,00	77,40	-2340,00	2,71	86,57	80215,41	1874,65	14647,17	5,10	-2340,00	80215,41	86,57	2,71	681,11	3807,00																		
27 mei 19	6,04	8,50	681,65	98,95	6381,00	77,42	-1476,00	3,25	89,61	93386,58	-3997,44	4858,56	8,50	-1476,00	93386,58	89,61	3,25	681,65	6381,00																		
28 mei 19	5,68	6,60	681,49	98,79	4930,00	77,15	-8856,00	3,09	88,71	89389,15	-3997,44	-5390,02	6,60	-8856,00	89389,15	88,71	3,09	681,49	4930,00																		
29 mei 19	5,14	6,20	681,13	98,43	4607,00	77,03	-3312,00	2,73	86,69	80667,13	-8702,02	2404,52	6,20	-3312,00	80667,13	86,69	2,73	681,13	4607,00																		
30 mei 19	8,90	9,10	681,07	98,37	6791,00	77,41	-3816,00	2,67	86,35	79275,65	-1441,48	720,00	9,10	-3816,00	79275,65	86,35	2,67	681,07	6791,00																		
31 mei 19	7,31	8,30	681,07	98,37	6207,00	77,57	-720,00	2,67	86,35	79275,65	0,00	20214,46	8,30	-720,00	79275,65	86,35	2,67	681,07	6207,00																		
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang					141076,00														JUMLAH OPTIMASI	0,00																	

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 16. Hasil Pengolahan dan Optimasi dari Pengoperasian bulan Juni 2019

TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan (m)	BULAN JUNI 2019					ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI					
										Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )			Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)		
01 Juni 19	7,87	9,20	681,75	99,05	6883,00	77,07	-3564,00	3,35	90,17	95926,10	16650,46	4788,00	9,20	-3564,00	95926,10	90,17	3,35	681,75	6883,00		
2 Juni 19	10,58	10,80	681,75	99,05	8059,00	76,87	-4788,00	3,35	90,17	95926,10	0,00	-3756,32	10,80	-4788,00	95926,10	90,17	3,35	681,75	8059,00		
3 Juni 19	9,49	10,30	681,57	98,87	7689,00	77,04	-792,00	3,17	89,16	91377,78	-4548,32	-13354,84	10,30	-792,00	91377,78	89,16	3,17	681,57	7689,00		
4 Juni 19	6,63	7,50	680,89	98,19	5650,00	78,29	-2916,00	2,49	85,34	75106,94	-16270,84	22423,64	7,50	-2916,00	75106,94	85,34	2,49	680,89	5650,00		
5 Juni 19	11,15	12,40	681,69	98,99	9244,00	76,85	-3132,00	3,29	89,83	94398,58	19291,64	-2233,03	12,40	-3132,00	94398,58	89,83	3,29	681,69	9244,00		
6 Juni 19	9,18	10,80	681,42	98,72	8063,00	77,17	-4500,00	3,02	88,32	87665,55	-6733,03	991,49	10,80	-4500,00	87665,55	88,32	3,02	681,42	8063,00		
7 Juni 19	8,19	9,50	681,22	98,52	7096,00	77,36	-5832,00	2,82	87,19	82825,05	-4840,51	13268,73	9,50	-5832,00	82825,05	87,19	2,82	681,22	7096,00		
8 Juni 19	8,92	10,10	681,57	98,87	7587,00	77,53	-4716,00	3,17	89,16	91377,78	8552,73	7015,32	10,10	-4716,00	91377,78	89,16	3,17	681,57	7587,00		
9 Juni 19	13,59	12,80	681,68	98,98	9589,00	77,23	-4248,00	3,28	89,78	94145,11	2767,32	-6608,16	12,80	-4248,00	94145,11	89,78	3,28	681,68	9589,00		
10 Juni 19	14,24	12,90	681,53	98,83	9687,00	77,53	2844,00	3,13	88,93	90380,95	-3764,16	-5568,32	12,90	2844,00	90380,95	88,93	3,13	681,53	9687,00		
11 Juni 19	12,09	12,70	681,50	98,80	9507,00	77,31	4824,00	3,10	88,77	89636,63	-744,32	17626,06	12,70	4824,00	89636,63	88,77	3,10	681,50	9507,00		
12 Juni 19	11,22	13,10	682,10	99,40	9783,00	76,66	-2196,00	3,70	92,14	105066,69	15430,06	14919,97	13,10	-2196,00	105066,69	92,14	3,70	682,10	9783,00		
13 Juni 19	9,06	13,60	682,40	99,70	10144,00	76,34	-6768,00	4,00	93,83	113218,65	8151,97	-14288,38	13,60	-6768,00	113218,65	93,83	4,00	682,40	10144,00		
14 Juni 19	12,03	12,30	681,21	98,51	9198,00	77,46	-16344,00	2,81	87,14	82586,27	-30632,38	-2572,80	12,30	-16344,00	82586,27	87,14	2,81	681,21	9198,00		
15 Juni 19	9,89	10,50	681,06	98,36	7878,00	77,84	-972,00	2,66	86,29	79041,47	-3544,80	6697,76	10,50	-972,00	79041,47	86,29	2,66	681,06	7878,00		
16 Juni 19	6,97	8,00	681,25	98,55	5989,00	77,51	-2196,00	2,85	87,36	83543,23	4501,76	6122,03	8,00	-2196,00	83543,23	87,36	2,85	681,25	5989,00		
17 Juni 19	4,96	6,20	681,35	98,65	4670,00	77,91	-3708,00	2,95	87,92	85957,26	2414,03	2770,93	6,20	-3708,00	85957,26	87,92	2,95	681,35	4670,00		
18 Juni 19	6,67	7,70	681,28	98,58	5730,00	77,03	-4464,00	2,88	87,53	84264,19	-1693,07	-8848,47	7,70	-4464,00	84264,19	87,53	2,88	681,28	5730,00		
19 Juni 19	5,73	6,10	680,74	98,04	4533,00	77,34	-3708,00	2,34	84,49	71707,72	-12556,47	12449,33	6,10	-3708,00	71707,72	84,49	2,34	680,74	4533,00		
20 Juni 19	5,86	5,70	681,22	98,52	4293,00	78,01	-1332,00	2,82	87,19	82825,05	11117,33	2556,21	5,70	-1332,00	82825,05	87,19	2,82	681,22	4293,00		
21 Juni 19	7,84	8,50	681,04	98,65	6385,00	77,70	576,00	2,95	87,92	85957,26	3132,21	-5007,23	8,50	576,00	85957,26	87,92	2,95	681,04	6385,00		
22 Juni 19	5,93	6,50	681,35	98,34	4887,00	78,01	-2376,00	2,64	86,18	78574,03	-7383,23	2052,50	6,50	-2376,00	78574,03	86,18	2,64	681,35	4887,00		
23 Juni 19	4,90	5,20	681,04	98,34	3874,00	77,30	-2052,00	2,64	86,18	78574,03	0,00	-315,02	5,20	-2052,00	78574,03	86,18	2,64	681,04	3874,00		
24 Juni 19	4,69	4,80	680,98	98,28	3585,00	77,55	-1080,00	2,58	85,84	77179,01	-1395,02	5564,80	4,80	-1080,00	77179,01	85,84	2,58	680,98	3585,00		
25 Juni 19	4,69	4,60	681,20	98,50	3456,00	77,83	-396,00	2,80	87,08	82347,80	5168,80	3042,66	4,60	-396,00	82347,80	87,08	2,80	681,20	3456,00		
26 Juni 19	4,44	3,80	681,34	98,64	2852,00	77,64	324,00	2,94	87,87	85714,46	3366,66	1865,96	3,80	324,00	85714,46	87,87	2,94	681,34	2852,00		
27 Juni 19	4,33	3,90	681,51	98,81	2924,00	77,43	2304,00	3,11	88,82	89884,42	4169,96	-10503,97	3,90	2304,00	89884,42	88,82	3,11	681,51	2924,00		
28 Juni 19	4,33	4,10	681,14	98,44	3061,00	77,39	1548,00	2,74	86,74	80923,45	-8960,97	-4108,65	4,10	1548,00	80923,45	86,74	2,74	681,14	3061,00		
29 Juni 19	1,60	0,90	681,00	98,30	667,00	76,93	828,00	2,60	85,95	77642,80	-3280,65	1708,99	0,90	828,00	77642,80	85,95	2,60	681,00	667,00		
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang										Jumlah	182963,00								Jumlah	182963,00	
																				OPTIMASI	0,00

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



### 17. Hasil Pengolahan dan Optimasi dari Pengoperasian bulan Juli 2019

TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)	ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI							
																				SEBELUM OPTIMASI	BULAN JULI 2019	SETELAH OPTIMASI				
01 Juli 19	0,00	0,00	681,18	98,48	0,00	0,00	2520,00	2,78	86,97	81871,79	4228,99	-33658,92	0,00	2520,00	81871,79	86,97	2,78	681,18	0,00							
2 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
3 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
4 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
5 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
6 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
7 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
8 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
9 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
10 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
11 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
12 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
13 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
14 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
15 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
16 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
17 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
18 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
19 Juli 19	0,00	0,00	679,61	96,91	0,00	0,00	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	0,00	0,00	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	0,00							
20 Juli 19	2,38	1,30	679,61	96,91	960,00	77,76	0,00	1,21	78,14	48212,87	0,00	-8228,89	1,30	0,00	48212,87	78,14	1,21	679,61	960,00							
21 Juli 19	2,89	1,40	679,38	96,68	1050,00	79,16	3888,00	0,98	76,85	43871,98	-4340,89	-10276,69	1,40	3888,00	43871,98	76,85	0,98	679,38	1050,00							
22 Juli 19	3,53	1,70	679,11	96,41	1300,00	80,94	5364,00	0,71	75,33	38959,29	-4912,87	-11819,09	1,70	5364,00	38959,29	75,33	0,71	679,11	1300,00							
23 Juli 19	3,61	2,60	678,81	96,11	1952,00	79,71	6588,00	0,41	73,64	33728,21	-5231,09	-4146,14	2,60	6588,00	33728,21	73,64	0,41	678,81	1952,00							
24 Juli 19	5,48	4,00	678,78	96,08	3000,00	79,65	3636,00	0,38	73,47	33218,07	-510,14	-6341,27	4,00	3636,00	33218,07	73,47	0,38	678,78	3000,00							
25 Juli 19	2,47	2,80	678,72	96,02	2071,00	78,60	5328,00	0,32	73,13	32004,80	-1013,27	6700,67	2,80	5328,00	32004,80	73,13	0,32	678,72	2071,00							
26 Juli 19	3,77	3,80	679,04	96,34	2845,00	79,30	-1188,00	0,64	74,93	37717,47	5512,67	19521,21	3,80	-1188,00	37717,47	74,93	0,64	679,04	2845,00							
27 Juli 19	4,26	5,10	680,06	97,36	3785,00	77,78	-108,00	1,66	80,67	57130,69	19443,21	28002,96	5,10	-108,00	57130,69	80,67	1,66	680,06	3785,00							
28 Juli 19	10,21	10,20	681,19	98,47	7599,00	77,19	-3024,00	2,79	87,02	82109,64	24978,96	-28700,00	10,20	-3024,00	82109,64	87,02	2,79	681,19	7599,00							
29 Juli 19	8,87	9,40	681,07	98,37	7063,00	77,94	36,00	2,67	86,35	79275,65	-2834,00	-30491,27	9,40	36,00	79275,65	86,35	2,67	681,07	7063,00							
30 Juli 19	5,92	5,70	679,54	96,84	4270,00	78,94	-1908,00	1,14	77,75	46876,38	-33299,27	33965,87	5,70	-1908,00	46876,38	77,75	1,14	679,54	4270,00							
31 Juli 19	4,76	5,50	681,17	98,47	4096,00	77,17	792,00	2,77	86,91	81634,24	34757,87	4093,89	5,50	792,00	81634,24	86,91	2,77	681,17	4096,00							
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang														Jumlah	39991,00									JUMLAH	39991,00	0,00

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## 19. Hasil Pengolahan dan Optimalisasi dari Pengoperasian bulan September 2019

TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	SEBELUM OPTIMALISASI										SETELAH OPTIMALISASI				
							VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMALISASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)	ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMALISASI		
01-Sep	3,61	3,60	680,95	98,25	2707,00	78,10	-3204,00	2,55	85,67	76485,59	-12903,55	5350,19	3,60	-3204,00	76485,59	85,67	2,55	680,95	2707,00		
02-Sep	3,61	7,70	681,18	98,48	5763,00	77,55	36,00	2,78	86,97	81871,79	5386,19	11426,24	7,70	36,00	81871,79	86,97	2,78	681,18	5763,00		
03-Sep	3,61	5,60	681,04	98,34	4222,00	78,23	-14724,00	2,64	86,18	78574,03	-3297,76	25797,77	5,60	-14724,00	78574,03	86,18	2,64	681,04	4222,00		
04-Sep	3,61	4,50	681,80	99,10	3400,00	77,80	-7164,00	3,40	90,45	97207,80	18633,77	-5108,67	4,50	-7164,00	97207,80	90,45	3,40	681,80	3400,00		
05-Sep	3,61	6,30	681,47	98,77	4736,00	77,66	-3204,00	3,07	88,60	88895,13	-8312,67	-6828,96	6,30	-3204,00	88895,13	88,60	3,07	681,47	4736,00		
06-Sep	3,61	4,50	680,77	98,07	3392,00	78,43	-9684,00	2,37	84,66	72382,16	-16512,96	20210,98	4,50	-9684,00	72382,16	84,66	2,37	680,77	3392,00		
07-Sep	3,61	4,70	681,49	98,79	3544,00	77,89	-3204,00	3,09	88,71	89389,15	17006,98	-9210,08	4,70	-3204,00	89389,15	88,71	3,09	681,49	3544,00		
08-Sep	4,44	4,70	680,94	98,24	3504,00	77,44	-3924,00	2,54	85,62	76255,06	-13134,08	3956,58	4,70	-3924,00	76255,06	85,62	2,54	680,94	3504,00		
09-Sep	9,23	8,80	681,07	98,37	6574,00	77,49	-936,00	2,67	86,35	79275,65	3020,58	3681,48	8,80	-936,00	79275,65	86,35	2,67	681,07	6574,00		
10-Sep	5,11	4,80	681,29	98,59	3600,00	77,63	1548,00	2,89	87,58	84505,12	5229,48	5257,61	4,80	1548,00	84505,12	87,58	2,89	681,29	3600,00		
11-Sep	3,87	4,40	681,55	98,85	3304,00	77,51	1116,00	3,15	89,05	90878,74	6373,61	-15685,12	4,40	1116,00	90878,74	89,05	3,15	681,55	3304,00		
12-Sep	2,84	3,50	680,81	98,11	2626,00	78,03	-1908,00	2,41	84,89	73285,62	-17593,12	5345,44	3,50	-1908,00	73285,62	84,89	2,41	680,81	2626,00		
13-Sep	2,70	3,30	680,94	98,24	2434,00	76,61	-2376,00	2,54	85,62	76255,06	2969,44	9688,17	3,30	-2376,00	76255,06	85,62	2,54	680,94	2434,00		
14-Sep	2,80	3,60	681,26	98,56	2676,00	76,96	-2160,00	2,86	87,42	83783,24	7528,17	-2562,47	3,60	-2160,00	83783,24	87,42	2,86	681,26	2676,00		
15-Sep	2,16	3,10	681,03	98,33	2312,00	77,40	-2880,00	2,63	86,12	78340,76	-5442,47	10515,21	3,10	-2880,00	78340,76	86,12	2,63	681,03	2312,00		
16-Sep	2,14	3,30	681,33	98,63	2484,00	77,88	-3384,00	2,93	87,81	85471,97	7131,21	9084,98	3,30	-3384,00	85471,97	87,81	2,93	681,33	2484,00		
17-Sep	1,90	2,80	681,53	98,83	2116,00	78,03	-4176,00	3,13	88,93	90380,95	4908,98	6245,63	2,80	-4176,00	90380,95	88,93	3,13	681,53	2116,00		
18-Sep	1,44	3,10	681,65	98,95	2290,00	76,18	-3240,00	3,25	89,61	93386,58	3005,63	-1696,13	3,10	-3240,00	93386,58	89,61	3,25	681,65	2290,00		
19-Sep	1,44	2,70	681,34	98,64	2028,00	77,70	-5976,00	2,94	87,87	85714,46	-7672,13	2604,78	2,70	-5976,00	85714,46	87,87	2,94	681,34	2028,00		
20-Sep	1,44	2,70	681,26	98,56	2028,00	77,76	-4536,00	2,86	87,42	83783,24	-1931,22	-2761,64	2,70	-4536,00	83783,24	87,42	2,86	681,26	2028,00		
21-Sep	1,44	2,50	680,95	98,25	1896,00	78,77	-4536,00	2,55	85,67	76485,59	-7297,64	27908,08	2,50	-4536,00	76485,59	85,67	2,55	680,95	1896,00		
22-Sep	1,44	2,50	681,93	99,23	1904,00	78,32	-3816,00	3,53	91,18	100577,68	24092,08	5916,81	2,50	-3816,00	100577,68	91,18	3,53	681,93	1904,00		
23-Sep	1,44	2,80	682,01	99,31	2080,00	76,33	-3816,00	3,61	91,63	102678,49	21200,81	-7401,54	2,80	-3816,00	102678,49	91,63	3,61	682,01	2080,00		
24-Sep	1,56	3,10	681,53	98,83	2304,00	76,74	-4896,00	3,13	88,93	90380,95	-12628,54	17802,15	3,10	-4896,00	90380,95	88,93	3,13	681,53	2304,00		
25-Sep	6,93	7,10	681,81	99,11	5280,00	76,57	-5544,00	3,41	90,51	97465,10	7084,15	-12106,73	7,10	-5544,00	97465,10	90,51	3,41	681,81	5280,00		
26-Sep	11,90	11,80	681,30	98,60	8834,00	77,48	-612,00	2,90	87,64	84746,37	-12718,73	-18004,84	11,80	-612,00	84746,37	87,64	2,90	681,30	8834,00		
27-Sep	5,73	5,60	680,53	97,83	4212,00	78,45	360,00	2,13	83,31	67061,53	-17684,84	11511,94	5,60	360,00	67061,53	83,31	2,13	680,53	4212,00		
28-Sep	3,92	4,50	681,06	98,36	3356,00	77,37	2468,00	2,66	86,29	79041,47	11979,94	11941,66	4,50	2468,00	79041,47	86,29	2,66	681,06	3356,00		
29-Sep	2,99	4,50	681,47	98,77	3360,00	77,14	-2088,00	3,07	88,60	88895,13	9853,66	-2062,12	4,50	-2088,00	88895,13	88,60	3,07	681,47	3360,00		
30-Sep	4,26	5,10	681,16	98,46	3832,00	77,87	-5436,00	2,76	86,85	81397,00	-7498,12	10768,98	5,10	-5436,00	81397,00	86,85	2,76	681,16	3832,00		
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang							Jumlah	102798,00							Jumlah	81397,00			102798,00		
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:							OPTIMALISASI	0,00							OPTIMALISASI	0,00					

BULAN SEPTEMBER 2019

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**BULAN OKTOBER 2019**

SEBELUM OPTIMASI										SETELAH OPTIMASI									
TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)	ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI
01 Okt 19	5,62	6,10	681,48	98,78	4571,00	77,41	-3024,00	3,08	88,65	89141,98	7744,98	2222,65	6,10	-3024,00	89141,98	88,65	3,08	681,48	4571,00
3 Okt 19	3,34	5,10	681,50	98,80	3850,00	77,97	-1728,00	3,10	88,77	89636,63	494,65	8077,16	5,10	-1728,00	89636,63	88,77	3,10	681,50	3850,00
4 Okt 19	4,21	5,80	681,57	98,87	4365,00	77,67	-6336,00	3,17	89,16	91377,78	1741,16	-7079,76	5,80	-6336,00	91377,78	89,16	3,17	681,57	4365,00
5 Okt 19	3,95	5,30	681,04	98,34	4000,00	78,31	-5724,00	2,64	86,18	78574,03	-12803,76	2771,57	5,30	-5724,00	78574,03	86,18	2,64	681,04	4000,00
6 Okt 19	2,84	4,20	680,95	98,25	3154,00	77,99	-4860,00	2,55	85,67	76485,59	-2088,43	15341,96	4,20	-4860,00	76485,59	85,67	2,55	680,95	3154,00
7 Okt 19	2,16	3,40	681,39	98,69	2579,00	78,43	-4896,00	2,99	88,15	86931,56	10445,96	-1307,49	3,40	-4896,00	86931,56	88,15	2,99	681,39	2579,00
8 Okt 19	3,13	4,70	681,15	98,45	3508,00	77,36	-4464,00	2,75	86,80	81160,07	-5771,49	12894,29	4,70	-4464,00	81160,07	86,80	2,75	681,15	3508,00
9 Okt 19	3,52	5,40	681,45	98,75	4038,00	77,27	-5652,00	3,05	88,48	88402,36	7242,29	12510,75	5,40	-5652,00	88402,36	88,48	3,05	681,45	4038,00
10 Okt 19	3,07	5,10	681,68	98,98	3850,00	77,82	-6768,00	3,28	89,78	94145,11	5742,75	2304,88	5,10	-6768,00	94145,11	89,78	3,28	681,68	3850,00
11 Okt 19	2,16	4,00	681,48	98,78	2975,00	76,83	-7308,00	3,08	88,65	89141,98	-5003,12	1746,20	4,00	-7308,00	89141,98	88,65	3,08	681,48	2975,00
12 Okt 19	2,16	3,70	681,78	98,58	2742,00	76,71	-6624,00	2,88	87,53	84264,19	-4877,80	18230,64	3,70	-6624,00	84264,19	87,53	2,88	681,78	2742,00
13 Okt 19	2,59	4,70	681,79	99,09	3333,00	77,41	-5544,00	3,39	90,40	96950,82	-12869,23	-12869,23	4,70	-5544,00	96950,82	90,40	3,39	681,79	3333,00
14 Okt 19	2,90	4,20	680,95	98,25	3154,00	77,99	-7596,00	2,55	85,67	76485,59	-20465,23	24120,51	4,20	-7596,00	76485,59	85,67	2,55	680,95	3154,00
15 Okt 19	2,52	4,00	681,75	99,05	3017,00	77,70	-4680,00	3,35	90,17	95926,10	19440,51	-18665,87	4,00	-4680,00	95926,10	90,17	3,35	681,75	3017,00
16 Okt 19	2,52	4,10	680,75	98,05	3083,00	78,26	-5328,00	2,35	84,55	71932,23	-23993,87	-1564,48	4,10	-5328,00	71932,23	84,55	2,35	680,75	3083,00
17 Okt 19	2,30	3,10	680,42	97,72	2342,00	76,89	-5688,00	2,02	82,69	64679,75	-7252,48	50590,37	3,10	-5688,00	64679,75	82,69	2,02	680,42	2342,00
18 Okt 19	11,14	11,80	682,37	99,67	8802,00	76,37	-2876,00	3,97	93,66	112390,11	47710,37	-9436,44	11,80	-2880,00	112390,11	93,66	3,97	682,37	8802,00
19 Okt 19	12,41	12,80	681,93	99,23	9579,00	76,96	-2376,00	3,53	91,18	100577,68	-11812,44	-21762,93	12,80	-2376,00	100577,68	91,18	3,53	681,93	9579,00
20 Okt 19	8,15	8,70	680,99	98,29	6525,00	77,86	-1404,00	2,59	85,90	77410,75	-23166,93	2677,05	8,70	-1404,00	77410,75	85,90	2,59	680,99	6525,00
21 Okt 19	6,04	6,30	681,02	98,32	4717,00	77,71	-1980,00	2,62	86,07	78107,80	697,05	6131,72	6,30	-1980,00	78107,80	86,07	2,62	681,02	4717,00
22 Okt 19	6,43	6,80	681,24	98,54	5110,00	77,82	-936,00	2,84	87,30	83303,53	5195,72	-4328,73	6,80	-936,00	83303,53	87,30	2,84	681,24	5110,00
23 Okt 19	8,69	8,50	681,00	97,89	6342,00	77,45	-1332,00	2,60	85,95	77642,80	-5660,73	-9951,12	8,50	-1332,00	77642,80	85,95	2,60	681,00	6342,00
24 Okt 19	4,99	4,20	680,59	97,89	3117,00	77,36	684,00	2,19	83,65	68375,68	-9267,12	19908,42	4,20	684,00	68375,68	83,65	2,19	680,59	3117,00
25 Okt 19	3,43	4,60	681,56	98,86	3450,00	77,41	2844,00	3,16	89,10	91128,10	22752,42	8499,55	4,60	2844,00	91128,10	89,10	3,16	681,56	3450,00
26 Okt 19	4,09	4,70	681,73	99,03	3529,00	77,37	-4212,00	3,33	90,06	95415,66	4287,55	10517,01	4,70	-4212,00	95415,66	90,06	3,33	681,73	3529,00
27 Okt 19	11,93	11,50	682,05	99,35	8888,00	76,70	-2196,00	3,65	91,86	103736,66	8321,01	-10632,29	11,50	-2196,00	103736,66	91,86	3,65	682,05	8888,00
28 Okt 19	11,18	12,00	681,70	99,00	8988,00	77,20	-2992,00	3,30	89,89	94652,37	-9084,29	-10776,92	12,00	-2992,00	94652,37	89,89	3,30	681,70	8988,00
29 Okt 19	8,45	8,40	681,74	98,44	6283,00	77,53	-2952,00	2,74	86,74	80923,45	-13728,92	6317,13	8,40	-2952,00	80923,45	86,74	2,74	681,74	6283,00
30 Okt 19	7,66	8,20	681,41	98,71	6138,00	77,38	180,00	3,01	88,26	87420,58	6497,18	-5261,17	8,20	180,00	87420,58	88,26	3,01	681,41	6138,00
31 Okt 19	7,82	7,90	681,11	98,41	5894,00	77,36	-1944,00	2,71	86,57	80215,41	-7205,17	16254,39	7,90	-1944,00	80215,41	86,57	2,71	681,11	5894,00
Hal Cipta Dilindungi Undang-Undang										Jumlah									
										141823,00									
										0,00									

**20. Hasil Pengolahan dan Optimasi dari Pengoperasian bulan Oktober 2019**

1. Ditaring mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BULAN NOVEMBER 2019

SEBELUM OPTIMASI										SETELAH OPTIMASI									
TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (T-G) %	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)	ELEVASI SEKARANG	Daya Optimasi (kWh)
01-Nov	6,60	7,00	681,76	99,06	5206,00	76,61	-288,00	3,36	90,23	96181,80	15966,39	-12870,01	7,00	-288,00	96181,80	90,23	3,36	681,76	5206,00
02-Nov	4,64	4,90	681,18	98,48	3658,00	77,35	-1440,00	2,78	86,97	81871,79	-14310,01	11443,87	4,90	-1440,00	81871,79	86,97	2,78	681,18	3658,00
03-Nov	2,89	4,30	681,61	98,91	3192,00	76,58	-936,00	3,21	89,38	92379,66	10507,87	25086,46	9,00	-936,00	92379,66	89,38	3,21	681,61	6680,93
04-Nov	11,13	11,81	682,37	99,67	8800,00	76,29	-5076,00	3,97	93,66	112390,11	20010,46	9728,21	14,00	-21996,00	95470,11	90,07	3,33	681,73	10365,08
05-Nov	13,67	13,63	682,63	99,93	10212,00	76,51	-2448,00	4,23	95,12	119670,32	7280,21	12209,17	14,00	-10332,00	94866,32	89,94	3,31	681,71	10392,48
06-Nov	13,17	13,41	682,93	100,23	10010,00	75,99	144,00	4,53	96,81	128353,17	12353,17	-12882,99	14,00	-1188,00	105887,50	92,31	3,73	682,13	10367,07
07-Nov	11,65	13,22	682,45	99,75	9920,00	76,76	-864,00	4,05	94,11	114606,18	-13746,99	-16825,47	13,22	-2988,00	90016,51	88,85	3,11	681,52	9827,05
08-Nov	2,09	2,90	681,60	98,90	2138,00	76,07	-5652,00	3,20	89,33	92128,71	-22477,47	1666,02	5,00	-5652,00	67539,04	83,43	2,15	680,55	3647,14
09-Nov	1,80	3,10	681,55	98,85	2354,00	78,39	-2916,00	3,15	89,05	90878,74	-12499,98	6432,18	6,00	-10476,00	58729,06	81,11	1,74	680,14	4491,04
10-Nov	1,80	3,20	681,62	98,92	2375,00	77,45	-4680,00	3,22	89,44	92630,91	-2752,18	12093,51	5,00	-15120,00	50041,24	78,67	1,30	679,70	3639,08
11-Nov	2,62	4,30	681,51	98,81	3225,00	77,56	-5040,00	3,11	88,82	89884,42	-2746,49	12089,68	5,00	-11520,00	40814,74	75,91	0,81	679,21	3662,83
12-Nov	5,06	6,70	681,75	99,05	4983,00	76,62	-6048,00	3,35	90,17	95926,10	6041,68	2357,55	7,00	-8568,00	44336,43	76,99	1,00	679,40	5082,86
13-Nov	8,15	9,20	681,61	98,91	6917,00	77,56	-5904,00	3,21	89,38	92379,66	-3546,45	7071,06	9,20	-6984,00	39709,98	75,56	0,75	679,15	6745,10
14-Nov	9,53	8,80	681,74	99,04	6573,00	76,96	-3780,00	3,34	90,12	95670,72	3291,06	14091,39	8,80	-3780,00	43001,04	76,58	0,93	679,33	6413,25
15-Nov	11,40	11,80	682,37	99,67	8850,00	76,78	2628,00	3,97	93,66	112390,11	16719,39	3377,90	11,80	2628,00	59720,44	81,37	1,78	680,19	8656,03
16-Nov	11,65	13,21	682,44	99,74	9918,00	76,81	-1440,00	4,04	94,05	114328,01	1937,90	14977,33	14,00	-1440,00	61658,34	81,90	1,88	680,28	10283,29
17-Nov	12,17	13,89	682,77	100,07	10377,00	76,18	-5616,00	4,37	95,91	123664,34	9356,33	15325,99	14,00	-8460,00	68170,67	83,60	2,18	680,58	10230,35
18-Nov	14,44	13,81	682,82	100,12	10350,00	76,38	-6192,00	4,42	96,19	125133,99	9133,99	5705,59	14,00	-6588,00	76908,66	85,78	2,57	680,97	10296,34
19-Nov	13,42	13,55	682,78	100,08	10114,00	76,10	2268,00	4,38	95,96	123973,59	7973,59	6711,17	14,00	1584,00	84198,25	87,51	2,87	681,28	10292,98
20-Nov	14,53	13,41	682,72	100,02	10054,00	76,49	-468,00	4,32	95,63	122243,17	6243,17	2498,72	14,00	-2088,00	88821,42	88,58	3,06	681,47	10364,85
21-Nov	13,89	13,61	682,73	100,03	10155,00	76,11	4032,00	4,33	95,68	122530,72	6530,72	6676,34	14,00	1908,00	93228,14	89,57	3,24	681,64	10332,56
22-Nov	12,17	13,90	682,77	100,07	10377,00	76,12	1008,00	4,37	95,91	123664,34	7684,34	7071,54	14,00	-396,00	99508,49	90,95	3,49	681,89	10359,64
23-Nov	12,53	13,70	682,53	99,83	10265,00	76,59	-6228,00	4,13	94,56	116843,54	843,54	7882,32	14,00	-6588,00	99992,03	91,06	3,50	681,91	10423,38
24-Nov	13,68	13,60	682,63	99,93	10202,00	76,60	-4212,00	4,23	95,12	119670,32	3670,32	7665,59	14,00	-5292,00	102582,35	91,61	3,60	682,01	10436,52
25-Nov	13,89	13,40	682,78	100,08	9994,00	76,04	288,00	4,38	95,96	123973,59	7973,59	10883,88	14,00	-1152,00	109115,94	92,98	3,85	682,25	10386,24
26-Nov	13,17	13,40	682,94	100,24	10008,00	76,83	1764,00	4,54	96,86	128647,88	14219,88	-13191,86	14,00	-396,00	119603,82	95,11	4,22	682,63	10424,56
27-Nov	11,66	13,20	682,44	99,74	9917,00	76,06	-828,00	4,04	94,05	114328,01	-14319,86	3330,58	14,00	-2988,00	103123,96	91,73	3,62	682,03	10474,64
28-Nov	11,15	11,90	682,36	99,66	8800,00	75,72	-5544,00	3,96	93,66	112114,60	-2213,42	-13743,88	13,00	-8424,00	98030,54	90,63	3,43	681,83	9562,51
29-Nov	9,53	8,80	681,74	99,04	6573,00	76,96	-2700,00	3,34	90,12	95670,72	-16443,88	-7669,03	12,00	-6660,00	77626,66	85,95	2,60	681,00	8896,15
30-Nov	7,06	7,20	681,54	98,84	5360,00	76,86	2628,00	3,14	88,99	90629,69	-5041,03	255,26	12,00	-8892,00	61065,63	81,74	1,85	680,25	8816,73
				Jumlah	230877,00													JUMLAH	250416,49
																		OPTIMASI	19539,49

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- 2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



## 22. Hasil Pengolahan dan Optimalisasi dari Pengoperasian bulan Desember 2019

	SEBELUM OPTIMASI										BULAN DESEMBER 2019										SETELAH OPTIMASI				
	TANGGAL	Inflow (m <sup>3</sup> /s)	Outflow (m <sup>3</sup> /s)	Elevasi (mdpl)	Head (m)	Daya tercatat (kWh)	Efisiensi (%)	VOLUME IN/OUT	X (m)	Jari-jari Permukaan (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	EVAPORASI / HUJAN (m <sup>3</sup> )	OPTIMASI OUTFLOW	Volume (Tambah/kurang) (m <sup>3</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Jari-jari Permukaan (m)	X (m)	ELEVASI SEKARANG	DAYA OPTIMASI					
1des 19	6,97	6,00	681,53	98,83	4458,00	76,71	-504,00	3,13	88,93	90380,95	-248,74	22129,08	12,00	-17784,00	43536,89	76,74	0,96	679,36	8720,41						
2des 19	14,37	13,10	682,50	99,80	9771,00	76,26	3492,00	4,10	94,39	116002,03	25621,08	810,52	14,00	-18108,00	47557,97	77,95	1,17	679,58	10136,32						
3des 19	13,29	13,70	682,69	99,99	10263,00	76,45	4572,00	4,29	95,46	121382,52	5382,52	8582,86	14,00	1332,00	49700,49	78,57	1,28	679,69	10172,77						
4des 19	11,29	12,90	682,75	100,05	9688,00	76,60	-1476,00	4,35	95,79	123106,86	7106,86	20219,28	14,00	-2556,00	55727,35	80,28	1,59	679,99	10224,18						
5des 19	11,54	13,70	683,00	100,30	10250,00	76,12	-5796,00	4,60	97,20	130423,28	14423,28	8338,70	14,00	-9756,00	66190,63	83,09	2,09	680,49	10212,33						
6des 19	14,37	13,20	682,52	99,82	9773,00	75,69	-7776,00	4,12	94,50	115562,70	562,70	-6446,69	14,00	-8856,00	65673,33	82,95	2,06	680,47	10152,03						
7des 19	12,05	13,20	682,44	99,74	9919,00	76,88	4212,00	4,04	94,05	114328,01	-2234,69	1102,02	14,00	1332,00	60558,64	81,60	1,82	680,23	10286,60						
8des 19	13,47	13,50	682,33	99,63	10148,00	76,99	-4140,00	3,93	93,43	111290,03	-3037,98	16289,09	14,00	-7020,00	54640,66	79,98	1,53	679,94	10271,10						
9des 19	11,78	13,50	682,90	100,20	10150,00	76,57	-108,00	4,50	96,64	127471,12	16181,09	17076,79	14,00	-1908,00	69021,75	83,81	2,22	680,62	10286,34						
10des 19	12,50	13,20	682,88	100,18	9940,00	76,70	-6192,00	4,48	96,52	126884,79	10884,79	13404,79	14,00	-7992,00	78106,55	86,07	2,62	681,02	10346,68						
11des 19	11,57	13,20	682,88	100,18	9933,00	76,65	-2520,00	4,48	96,52	126884,79	10884,79	13404,79	14,00	-5400,00	86111,34	87,96	2,95	681,36	10374,77						
12des 19	12,35	13,00	682,78	100,08	9708,00	76,14	-5868,00	4,38	95,96	123973,59	7973,59	18252,23	14,00	-8748,00	91204,93	89,12	3,16	681,56	10327,64						
13des 19	12,26	13,60	683,05	100,35	10352,00	77,40	-2340,00	4,65	97,48	131912,23	15912,23	19841,83	14,00	-5940,00	103517,17	91,81	3,64	682,04	10549,40						
14des 19	11,69	13,51	683,02	100,32	10192,00	76,73	-4824,00	4,62	97,31	131017,83	15017,83	7676,71	14,00	-6264,00	117095,00	94,61	4,14	682,54	10511,01						
15des 19	11,96	12,90	682,54	99,84	9665,00	76,57	-6552,00	4,14	94,61	117124,71	1124,71	15148,80	14,00	-8316,00	116455,71	94,48	4,11	682,52	10486,65						
16des 19	13,26	13,70	682,91	100,21	10450,00	77,67	-3384,00	4,51	96,69	127764,80	11764,80	5254,32	14,00	-7244,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10635,51						
17des 19	13,06	13,70	682,63	99,93	10358,00	77,26	-1584,00	4,23	93,26	110670,32	3670,32	-6897,89	14,00	-2664,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10571,42						
18des 19	11,51	12,00	682,30	99,60	9050,00	77,20	-2304,00	3,90	93,26	110468,43	-9201,89	-1762,03	14,00	-3844,00	105818,11	92,30	3,73	682,13	10540,11						
19des 19	12,11	11,70	682,17	99,47	8750,00	76,72	-1764,00	3,77	92,53	106942,40	-3526,03	12392,04	14,00	-8964,00	95092,08	89,99	3,31	681,72	10422,43						
20des 19	10,97	12,00	682,67	99,97	9025,00	76,77	1476,00	4,27	95,34	120810,44	13868,04	13424,23	14,00	-6804,00	100680,12	91,21	3,53	681,93	10451,64						
21des 19	11,90	13,50	682,84	100,14	10300,00	77,74	-3708,00	4,44	96,30	125716,23	9716,23	19294,04	14,00	-10908,00	103196,35	91,74	3,63	682,03	10595,04						
22des 19	12,20	13,30	682,97	100,27	9967,00	76,26	-5760,00	4,57	97,03	129534,04	13534,04	9056,31	14,00	-7560,00	114930,38	94,17	4,06	682,46	10438,39						
23des 19	13,40	13,50	682,68	99,98	10000,00	76,17	-3960,00	4,28	95,40	121096,31	5099,31	14561,59	14,00	-6480,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10452,32						
24des 19	13,41	13,50	682,78	100,08	10113,00	76,38	-6588,00	4,38	95,96	122973,59	7973,59	6854,72	14,00	-8748,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10455,58						
25des 19	13,89	13,60	682,73	100,03	10154,00	76,16	-324,00	4,33	95,68	122530,72	6530,72	5199,17	14,00	-2124,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10428,98						
26des 19	14,52	13,40	682,72	100,02	10054,00	76,55	1044,00	4,32	95,63	122243,17	6243,17	-929,72	14,00	-396,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10481,44						
27des 19	12,80	13,10	682,61	99,91	9773,00	76,19	4032,00	4,21	95,01	119102,28	3102,28	10213,99	14,00	1872,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10433,29						
28des 19	14,43	13,80	682,82	100,12	10350,00	76,44	-1080,00	4,42	96,19	125133,99	9133,99	5995,18	14,00	-4320,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	10466,81						
29des 19	14,07	13,80	682,79	100,09	10333,00	76,34	2268,00	4,39	96,02	124263,18	8263,18	9287,12	12,00	1548,00	116100,00	94,41	4,10	682,50	8930,57						
30des 19	12,73	11,80	681,96	99,26	8854,00	77,14	972,00	3,56	91,35	101363,06	-2290,12	-974,40	11,00	7452,00	99679,88	90,99	3,49	681,90	8248,37						
31des 19	12,85	12,40	682,05	99,35	9290,00	76,95	3348,00	3,65	91,86	103736,66	2373,60	-1620,00	14,00	6228,00	104933,48	92,11	3,69	682,10	10493,46						
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang					Jumlah: 301031,00														JUMLAH OPTIMASI	16081,52					

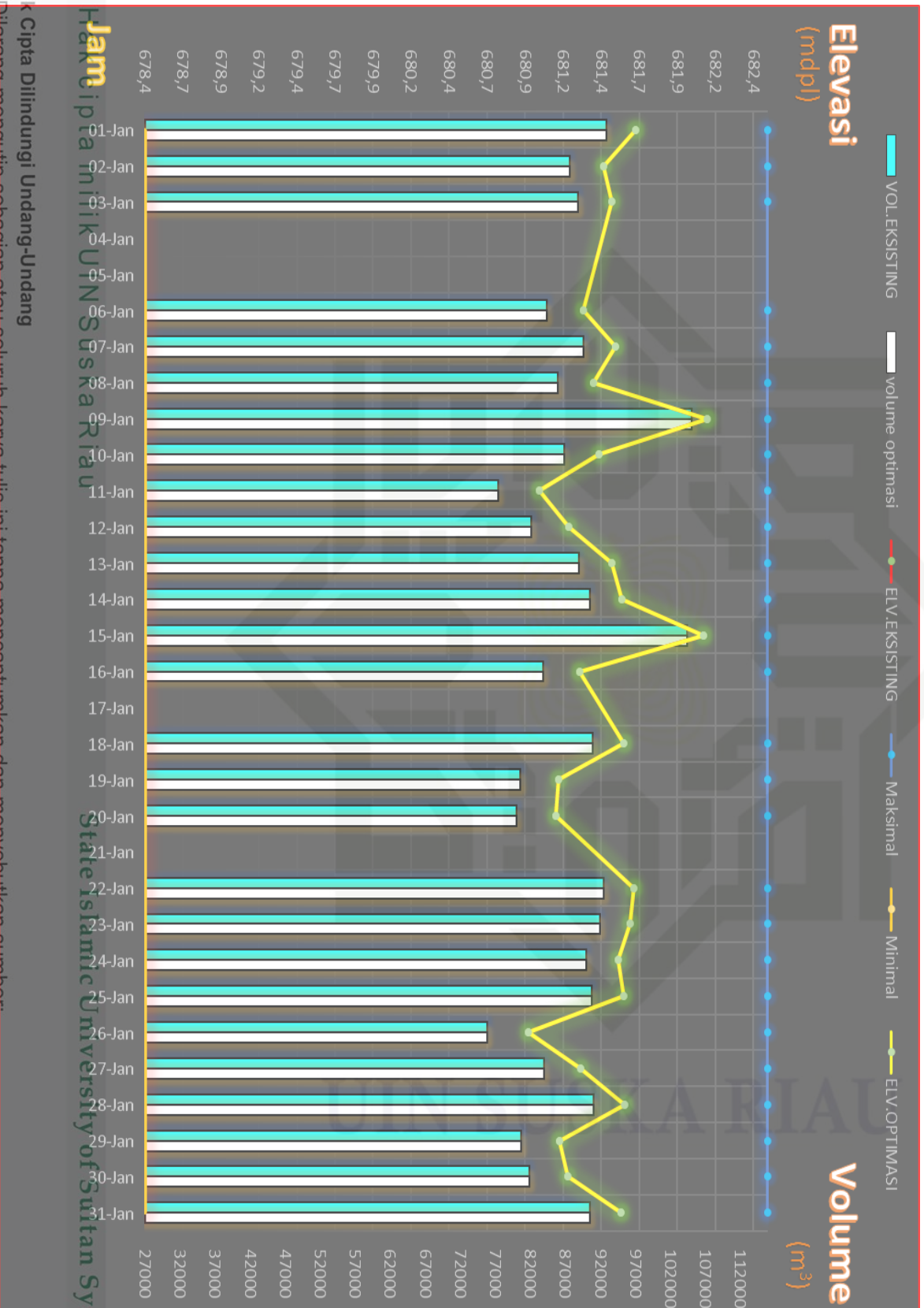
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



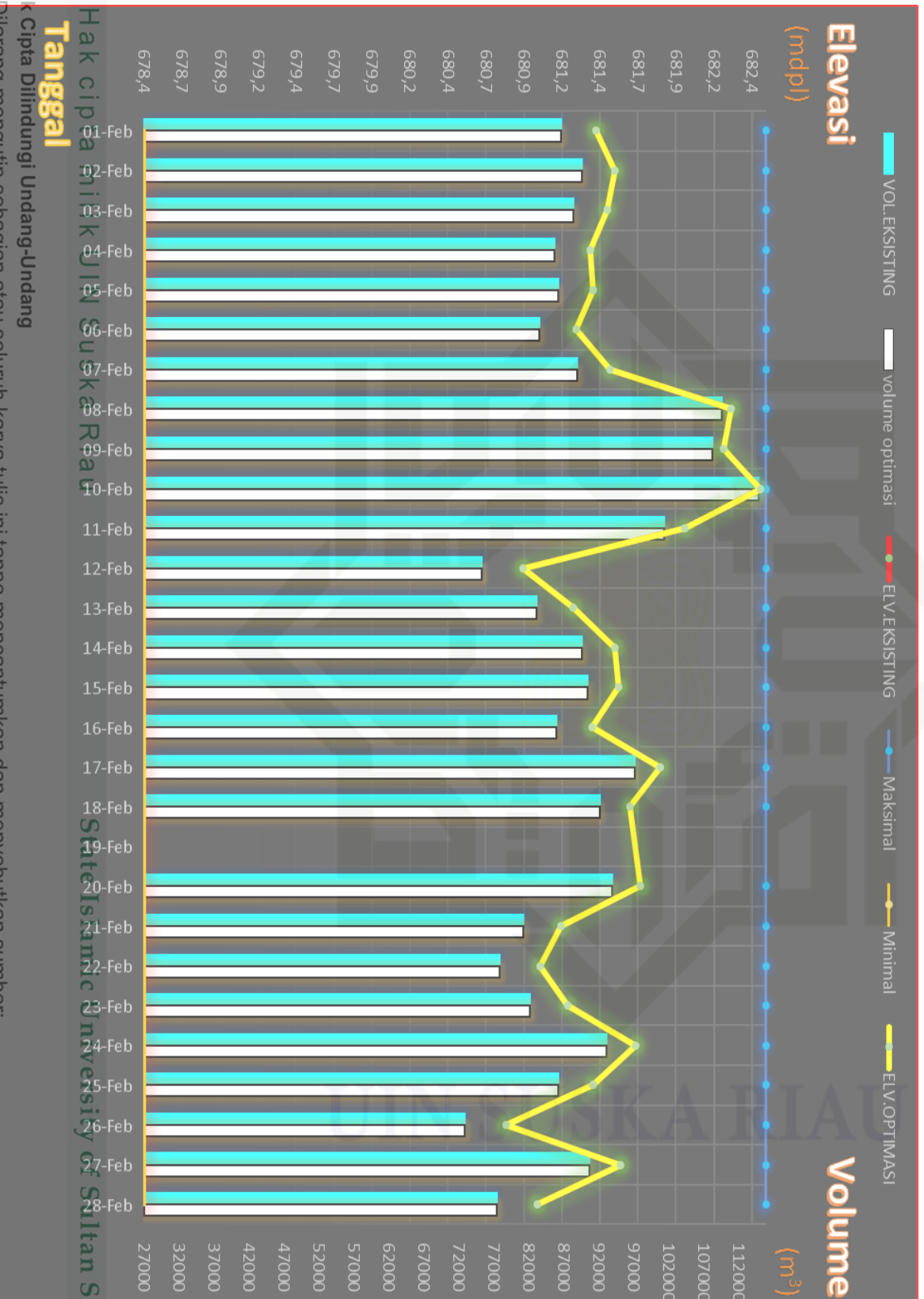
23. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam Januari 2019



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 24. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam Februari 2019

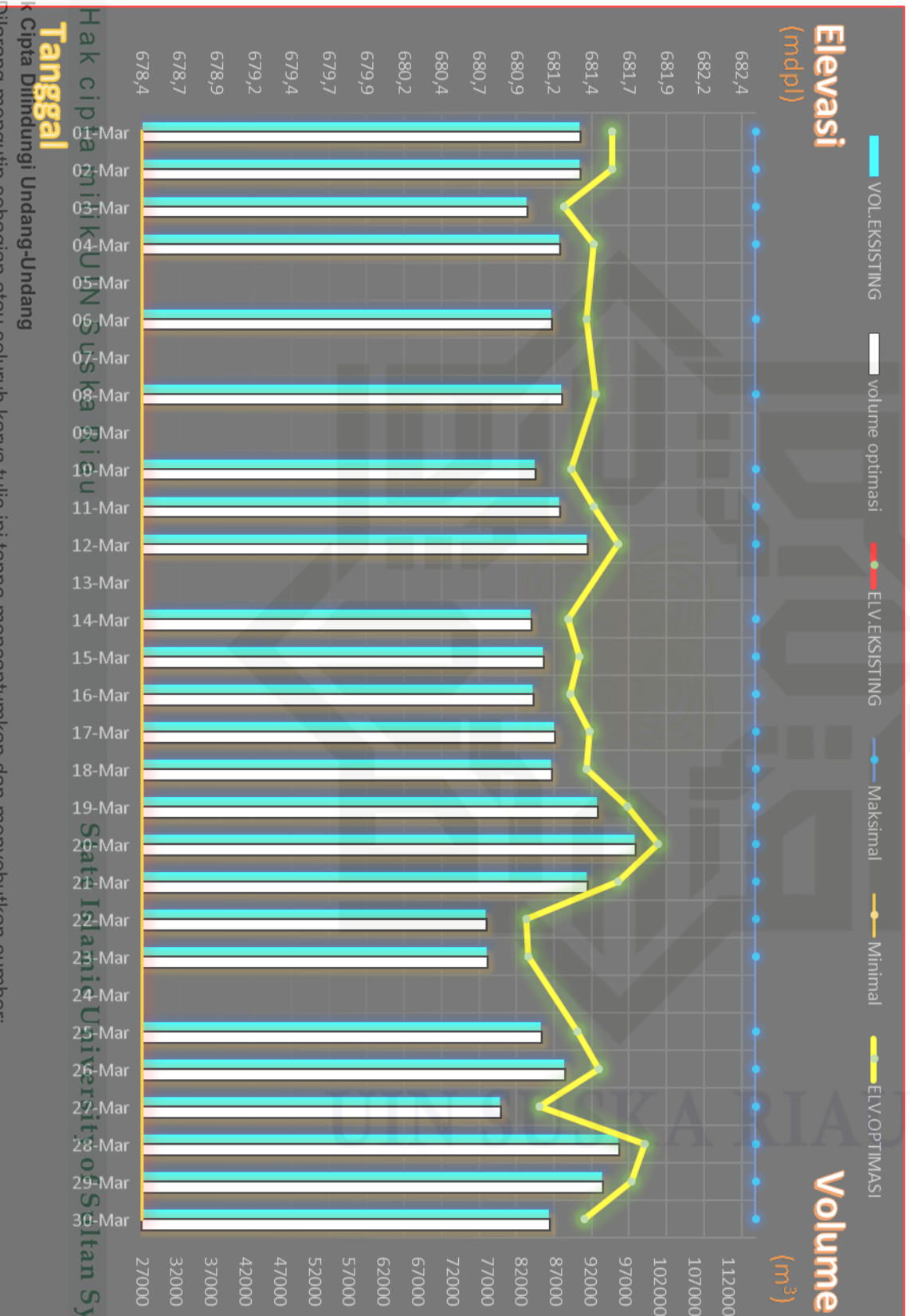


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta dilindungi undang-undang. UIN Suska Riau  
 Site Isarriic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

## 25. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam Maret 2019



© Hak cipta milik UIN Suska Riau. Sate Idris, Universitas Sultan Syarif Kasim Riau

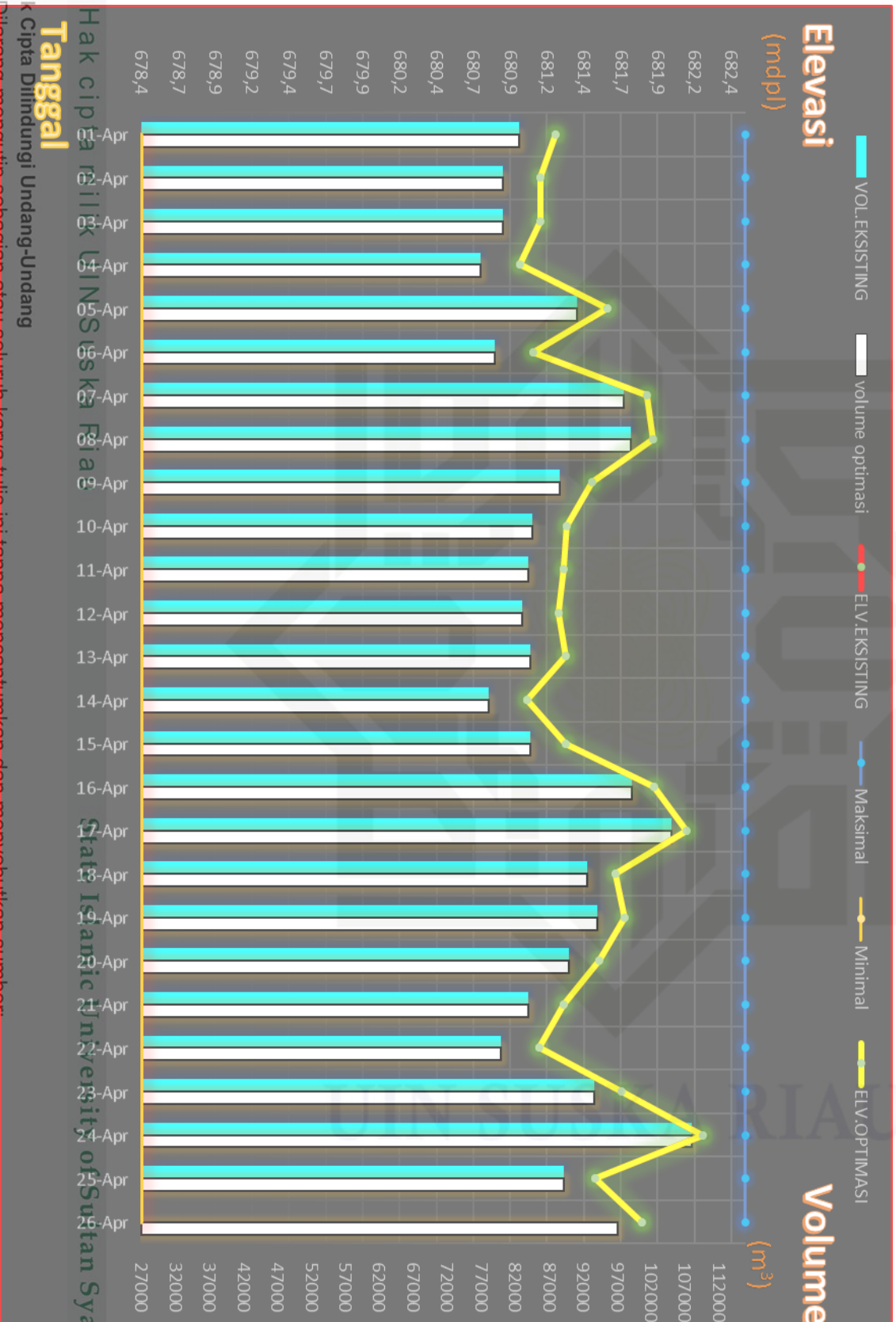
### Tanggal

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



26. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam April 2019



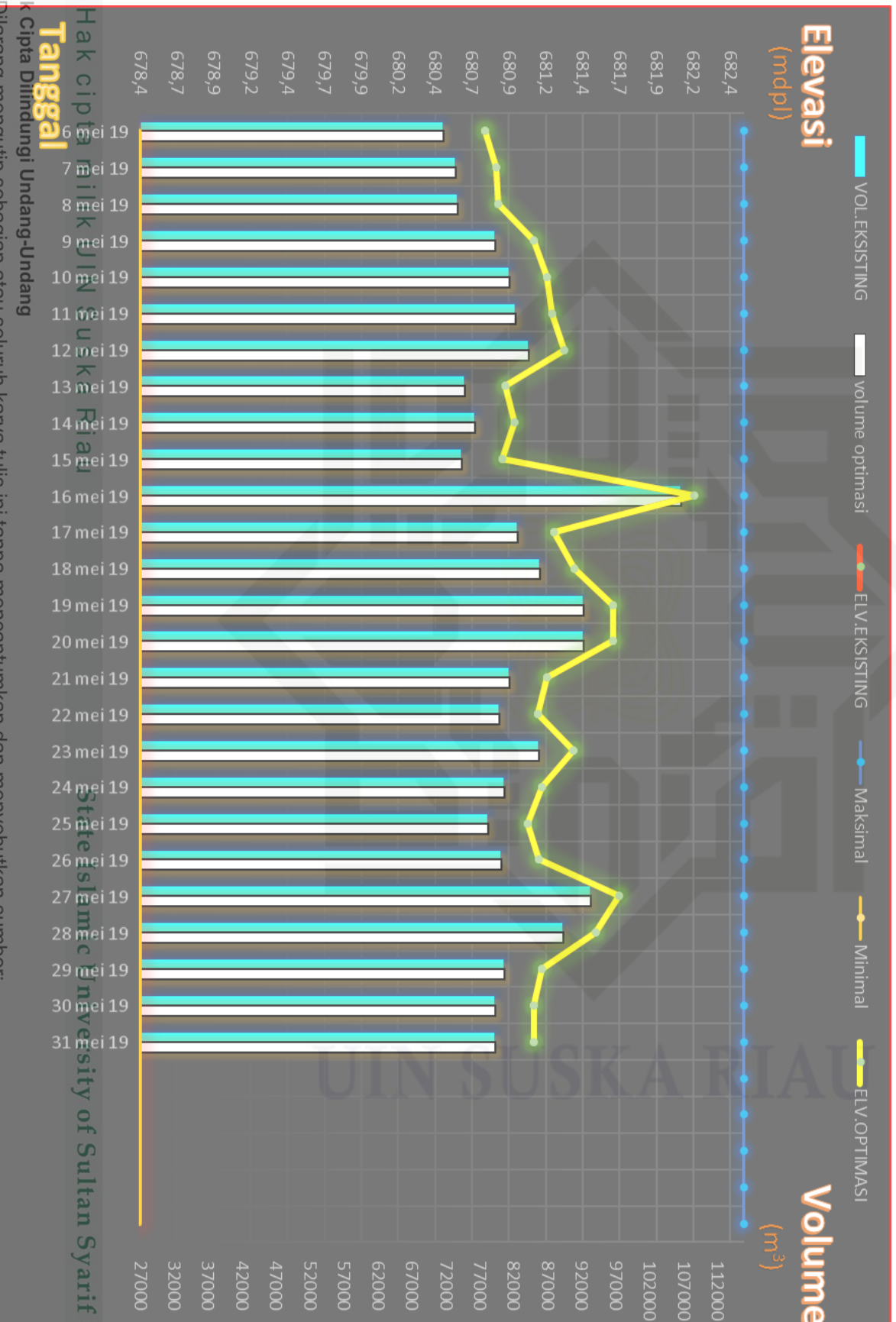
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Tanggal

Stat Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

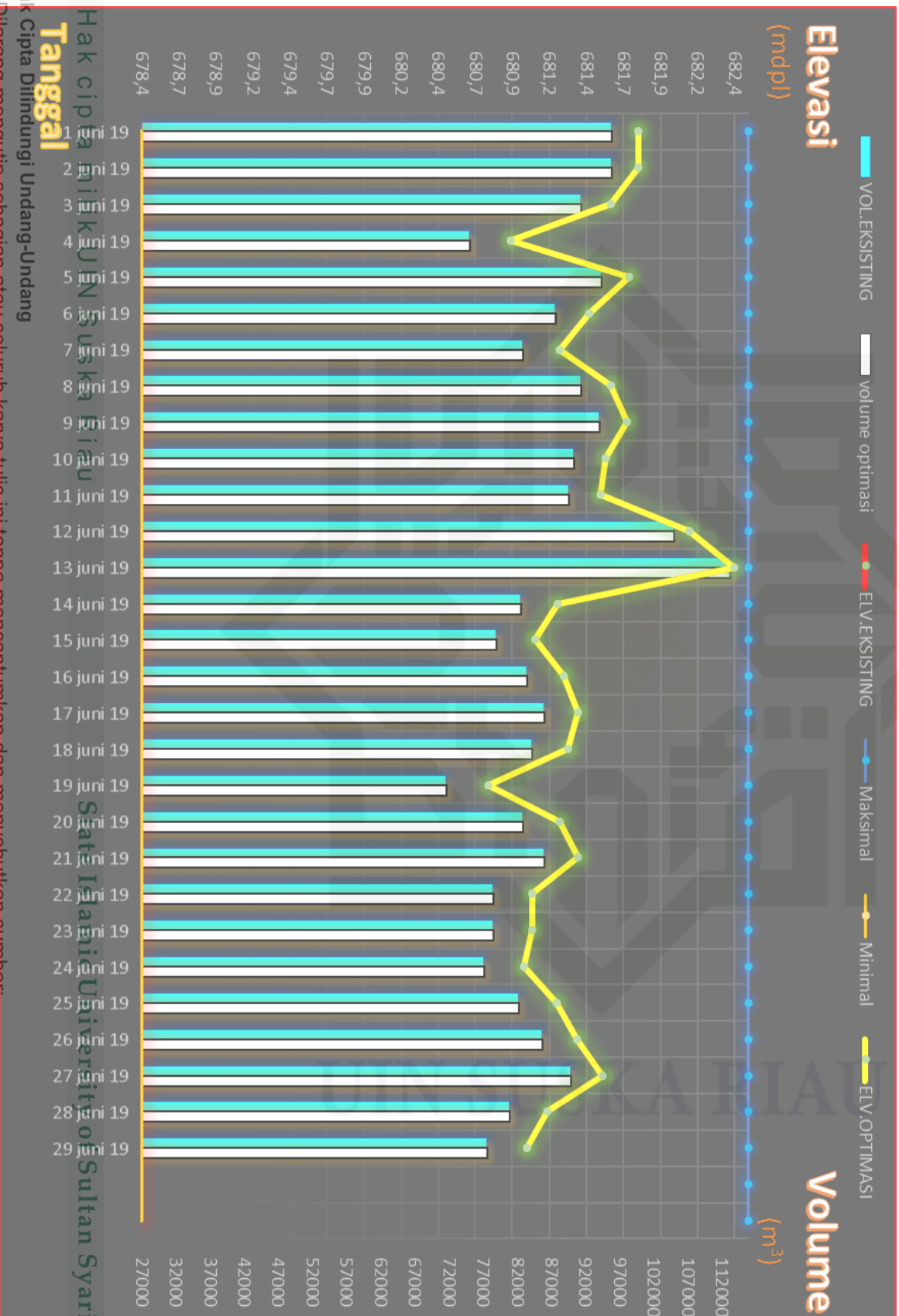
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

27. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam Mei 2019



1. Hak cipta dilindungi Undang-Undang
  - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
  - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

28. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam Juni 2019



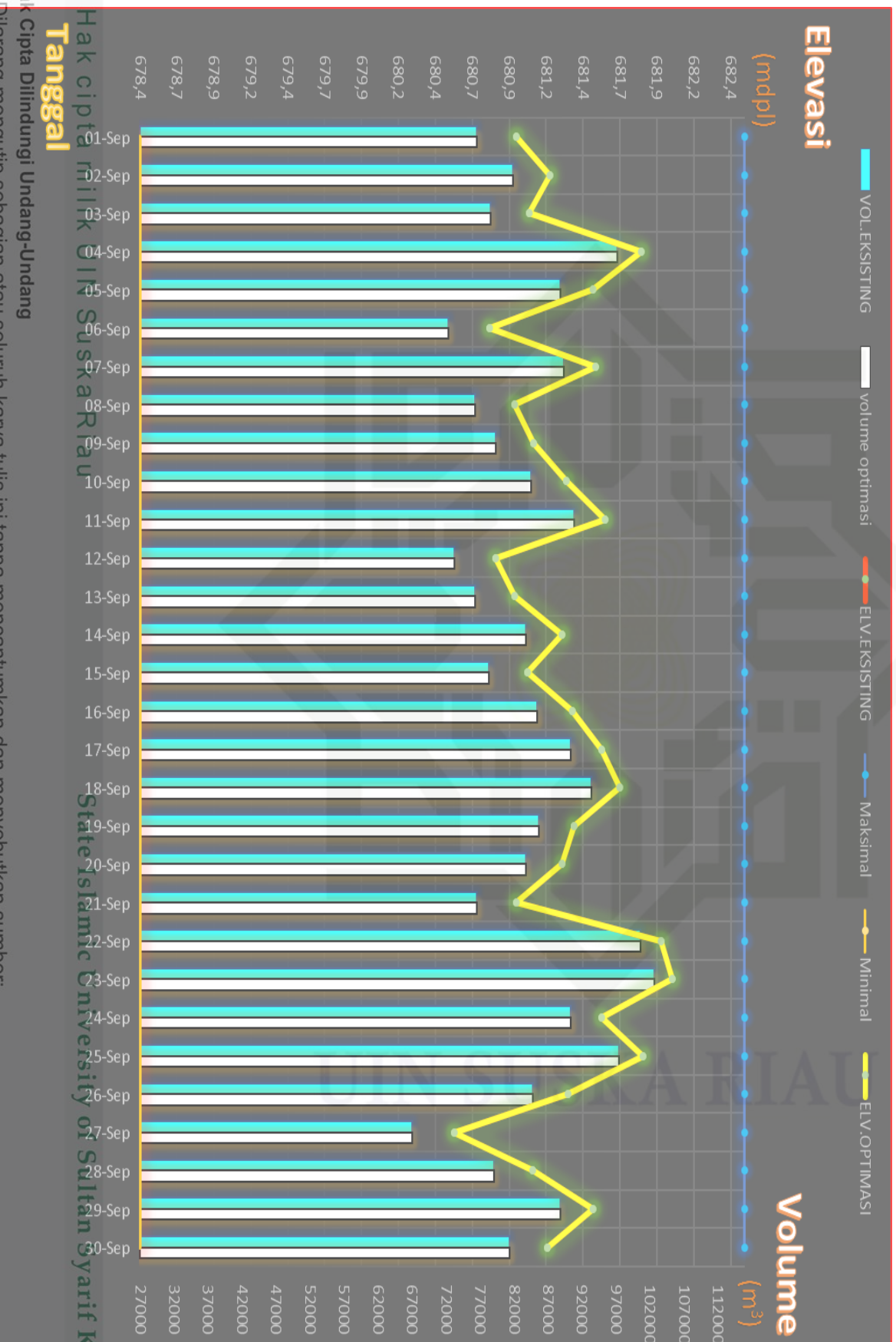
- Hak cipta dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.







### 31. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam September 2019



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

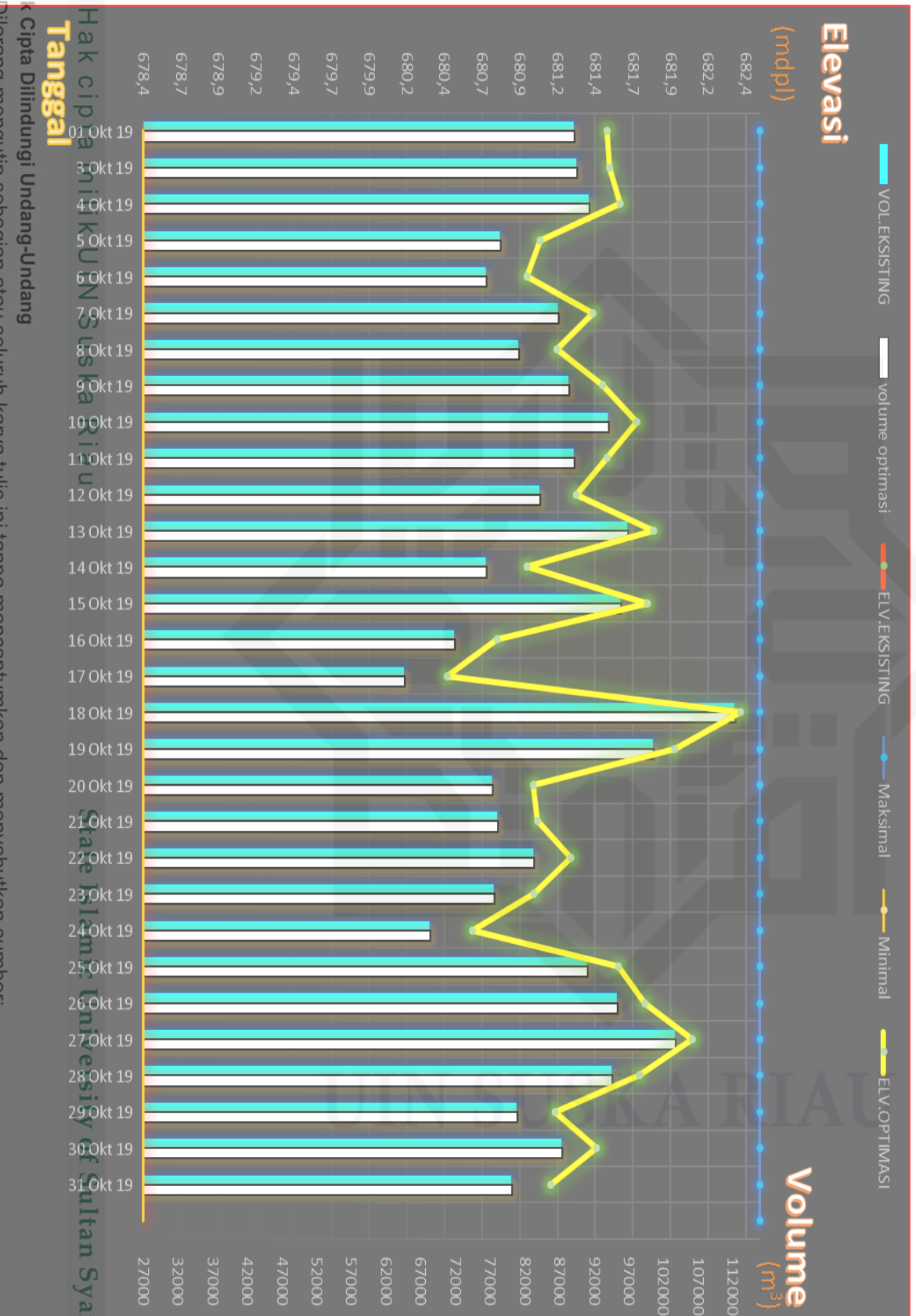
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



### 32. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam Oktober 2019



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta dilindungi undang-undang

UIN SUSKA RIAU

Tanggal

01 Okt 19

02 Okt 19

03 Okt 19

04 Okt 19

05 Okt 19

06 Okt 19

07 Okt 19

08 Okt 19

09 Okt 19

10 Okt 19

11 Okt 19

12 Okt 19

13 Okt 19

14 Okt 19

15 Okt 19

16 Okt 19

17 Okt 19

18 Okt 19

19 Okt 19

20 Okt 19

21 Okt 19

22 Okt 19

23 Okt 19

24 Okt 19

25 Okt 19

26 Okt 19

27 Okt 19

28 Okt 19

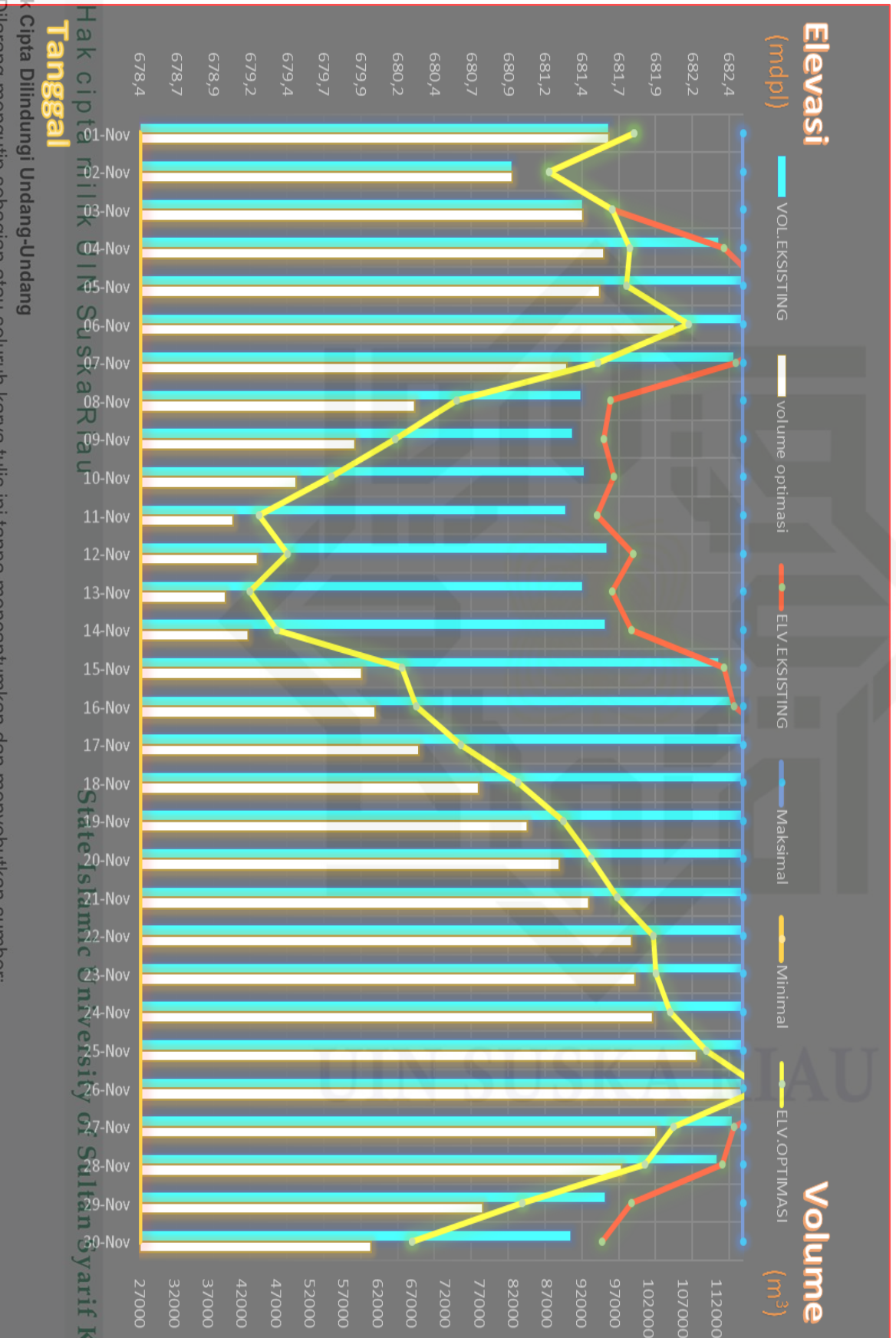
29 Okt 19

30 Okt 19

31 Okt 19

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

### 33. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam November 2019



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

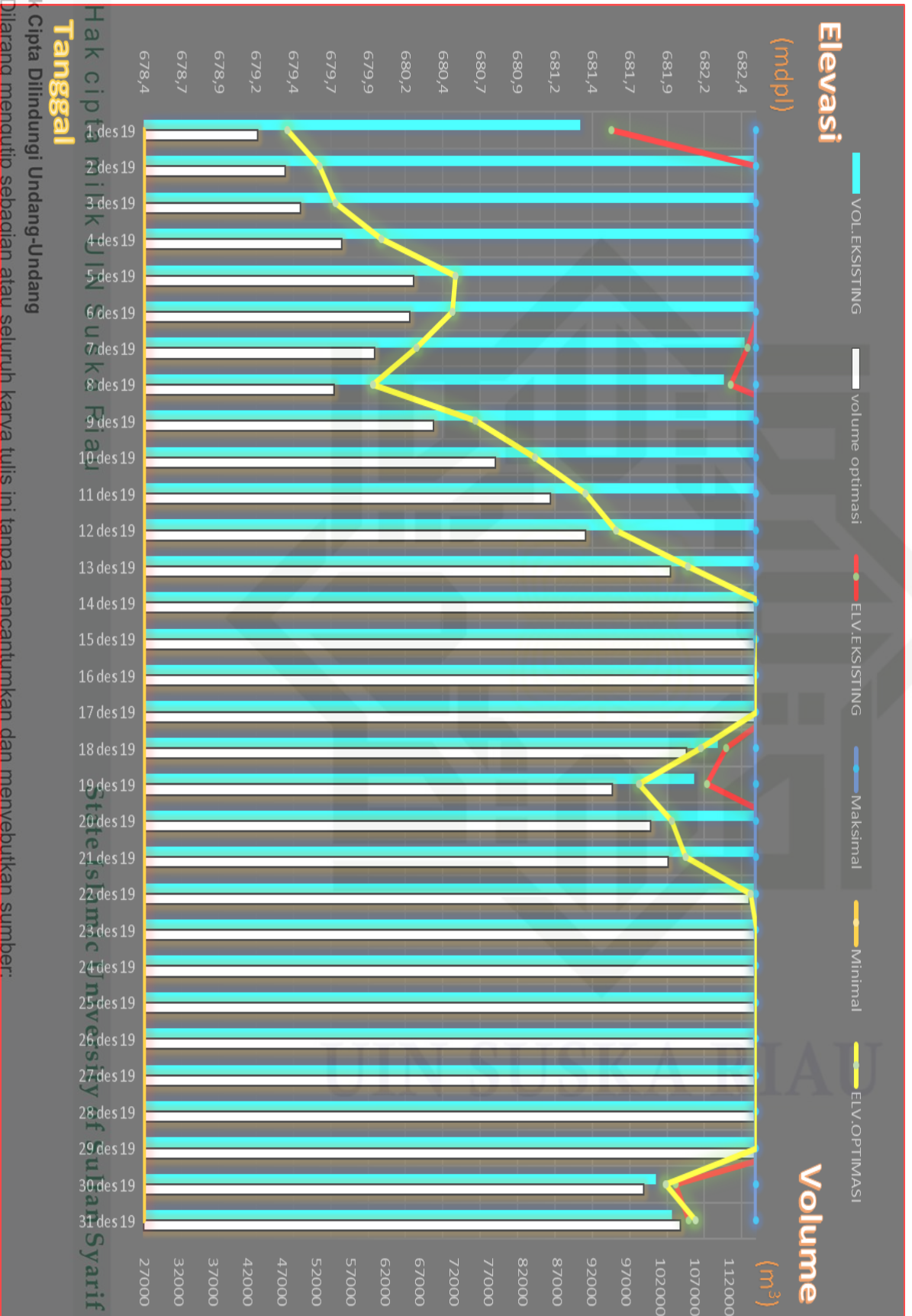
Tanggal

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

### 34. Hasil Model linear Data Pengoperasian PLTA Batang Agam Desember 2019



#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





## BIOGRAFI PENULIS



Nama lengkap Tolaal Badri Alaina, lahir di Barulak Kecamatan Tanjung Baru Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat pada tanggal 28 Februari 1996. Anak dari Bapak Darmis dan Ibu Ermadarwalis

Penulis dapat dihubungi melalui :

Email : [tolaalbadri7@gmail.com](mailto:tolaalbadri7@gmail.com)

No HP : 0823-8537-7863

Pengalaman pendidikan yang pernah ditempuh dimulai dari Taman Kanak Bunga Tanjung, kemudian melanjutkan pendidikan di sekolah dasar SDN 40 Kapuk Koto Panjang. Kemudian melanjutkan pendidikan ke Madrasah Tsanawiyah Negeri Payakumbuh, kemudian melanjutkan pendidikan ke Madrasah Aliyah Negeri 2 Payakumbuh dan melanjutkan pendidikan sarjana di Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Prestasi yang pernah diraih selalu mendapatkan juara sampai ranking 4 dari sekolah dasar sampai dengan Madrasah Aliyah. Peraih medali emas pada ajang POSPENAS di Gorontalo tahun 2013 dan juara dalam bidang olahraga atletik serta bola voli tingkat kabupaten kota sampai provinsi. Juara KSM kota Payakumbuh dalam bidang olimpiade fisika.