

**SKRIPSI TUGAS SARJANA
BIDANG KONVERSI ENERGI**

**ANALISIS PENGARUH GEOMETRI DAN SUDUT SUDU TERHADAP
PERFORMANCE TURBIN AIR MIKROHYDRO TYPE ULIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta
*Padang***



Dibuat Oleh :

Gustra Rengga Pratama

1910017211004

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2024**


**LEMBARAN PERSUTUJUAN PENGUJI
SIDANG SARJANA**

**“ANALISIS PENGARUH GEOMETRI DAN SUDUT SUDU
TERHADAP PERFORMANCE TURBIN AIR
MIKROHYDRO”**


*Telah Diuji Dan Dipertahankan Pada Sidang Sarjana
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Pada
Tanggal 22 Februari 2024*

Oleh:
GUSTRA RENGGA PRATAMA
1910017211004

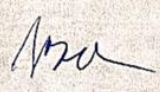
Disetujui Oleh Tim Penguji:
KETUA


Ir. Survadimal, M.T
NIDN: 1029067002

Penguji 1,


Ir. Kaidir, M.Eng., IPM
NIDN: 0003076301

Penguji 2,


Dr. Ir. Yovial Mahyoeddin, M.T
NIDN: 1030036801

LEMBARAN PENGESAHAN

TUGAS SARJANA

**"ANALISIS PENGARUH GEOMETRI DAN SUDUT SUDU
TERHADAP PERFORMANCE TURBIN AIR
MIKROHYDRO"**

*Telafi Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta*

Oleh:

GUSTRA RENGGA PRATAMA

1910017211004

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

Ir. Suryadimal, M.T

NIDN: 1029067002

**Fakultas Teknologi Industri
Dekan,**



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T

NIDN: 1029067002

**Program Studi Teknik Mesin
Ketua,**

Dr. Ir. Yovial Mahyoeddin, M.T

NIDN: 1030036801

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gustra Rengga Pratama

NIM : 1910017211004

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Geometri dan Sudut Sudu Terhadap
Performance Turbin Air Mikrohydro Tipe Ulir

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul di atas adalah benar hasil karya sendiri, kecuali yang bereferensi dan dinyatakan sumbernya pada referensi yang tertera dalam daftar pustaka.

Padang, 1 Maret 2024

Saya yang menyatakan,

Gustra Rengga Pratama

NPM: 1910017211004

KATA MUTIARA



*Sujud syukur dan segala pujian pada Sang Maha Besar, Allah SWT.
Terima kasihku pada pembawa cahaya penuntun, Nabi besar Muhammad SAW
Kecupan indah untuk pembimbing kehidupan manusia, Alqur'an*

*“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan
sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya
kamu berharap,”
[QS Al-Insyirah 7-8]*

*Wahai Tuhan semesta alam
Telah kujalankan sebagian dari perintahmu
Seakan hidup selamanya, kukejar citaku, akan kuraih mimpiku, dan kuabdikan
ambisiku. Serta kulaksanakan kewajibanku, kusempurnakan doa dan pujianku
padamu. Seakan aku akan mati diesok hari.*

*Wahai Sang Penghulu para Nabi
Telah kupanjatkan syair yang mengindahkannya namamu
Telah kuikuti pengajaranmu
Telah kujalani perjalanan panjang demi pencarian secercah cahaya ilmu.*

*Wahai ibu dan ayahku
Anak kecil manis kalian telah beranjak dewasa
Jengkal demi jengkal telah dilaluinya
Tak peduli rintangan yang menghadang, ia tetap berjalan
Meski tertatih kaki berjalan, ilmu ditimba akal diasah
Supaya pandai rajin baguru, supaya tinggi naikan budi
Baraja ka nan manang, mancontoh ka nan sudah*

Panjang umur perjuangan

ABSTRAK

Indonesia negara agraris yang menghasilkan air tidak putus putus dan stabil sehingga turbin air jenis mikrohidro maupun turbin jenis archimedes lebih disukai daripada turbin angin. Dalam skenario peningkatan permintaan energi untuk mendorong pembangunan berkelanjutan di berbagai negara maka perencanaan sektor energi menjadi lebih kompleks karena melibatkan banyak factor eksternal seperti faktor teknis, ekonomi, lingkungan, sosial, dan politik. Proses dalam menyusun dan mengevaluasi terkait dengan sektor energy mendorong adopsi kebijakan untuk mempromosikan efisiensi energi dengan meningkatkan penelitian tentang sumber energi terbarukan, sumber energi terbarukan (*green energy*) banyak diteliti menggunakan fluida air. Menganalisis pengaruh kapasitas banyaknya air yang membenamkan sudu pada putaran poros turbin screw dengan variasi sudut dan mengetahui performance turbin *screw*. pada penelitian ini menggunakan variasi sudut kemiringan 15° , 25° , dan 35° . Untuk variasi sudut pengaruh kecepatan fluida terhadap gaya hidrolis pada variasi 15° mendapatkan performasi yang lebih baik dari pada variasi 25° , dan 35° .

Kata kunci : Turbin archimedes, performance turbin, variasi sudut turbin.

ABSTRACT

Indonesia is an agricultural country that produces uninterrupted and stable water so that micro-hydro type water turbines and Archimedes type turbines are preferred over wind turbines. In the scenario of increasing energy demand to encourage sustainable development in various countries, energy sector planning becomes more complex because it involves many external factors such as technical, economic, environmental, social and political factors. The process of compiling and evaluating related to the energy sector encourages the adoption of policies to promote energy efficiency by increasing research on renewable energy sources, renewable energy sources (green energy) are mostly researched using water fluids. Analyze the influence of the capacity of the amount of water that immerses the blade in the rotation of the screw turbine shaft with variations in angle and determine the performance of the screw turbine. In this study, we used variations in tilt angles of 150, 250, and 350. For variations in angle, the influence of fluid speed on the hydraulic force at 150 was obtained. which is better than the 250 and 350 variations.

Keywords: *Archimedes turbine, turbine performance, angular in the turbine*

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang mana penulis telah dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini. Laporan tugas akhir ini merupakan pengajuan judul untuk pembuatan tugas akhir sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin. Adapun judul dari Laporan tugas sarjana ini adalah “**Analisis Pengaruh Geometri Dan Sudut sudu Terhadap Performance Turbian Air Mikrohydro Type Ulir**”.

Tugas sarjana ini ditulis untuk memenuhi sebagian dari persyaratan guna mencapai gelar sarjana pendidikan pada program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyelesaikan Tugas sarjana ini penelitian banyak mendapat bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Atas bantuan dan bimbingan tersebut peneliti mengucapkan terima kasih :

1. Ibu Prof. Dr. Reni Desmiarti, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
2. Bapak Dr. Yovial Mahjoedin M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Ir. Suryadimal. M.T. sebagai Dosen Pembimbing.
4. Bapak-bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
5. Bapak-bapak dan ibu tenaga kependidikan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta yang selalu menyemangati penulis selama melaksanakan penelitian ini.

Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua penulis: Ayah Mutra Suandi dan Ibu Gusniati, yang telah memberikan biaya tambahan untuk melanjutkan jenjang Pendidikan di Universitas Bung Hatta.

Akhir kata penulis berharap kiranya hasil penelitian ini, dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di Indonesia dan kehidupan kita semua.

Padang, 20 Januari 2024

Gustra Rengga Pratama

DAFTAR ISI

LEMBARAN PERSUTUJUAN PENGU	
LEMBARAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	i
KATA MUTIARA.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK	x
BAB I PENDAHULUAN.....	11
1.1 Latar Belakang.....	11
1.2 Rumusan Masalah	13
1.3 Batasan Masalah.....	14
1.4 Tujuan.....	14
1.5 Manfaat.....	14
1.6 Sistematika Penulisan	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Turbin Air.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Tipe Turbin Air.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Dasar Mekanika Fluida.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Turbin Archimedes Screw	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3 Metode Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.4. Sistematika Pengambilan data	Error! Bookmark not defined.

BAB IV ANALISA HASIL PERHTUNGANError! Bookmark not defined.

4.1 Data Penelitian.....**Error! Bookmark not defined.**

4.1.1 Potensi Saluran Air.....**Error! Bookmark not defined.**

4.1.2 Perhitungan Kecepatan Rata - Rata.**Error! Bookmark not defined.**

4.1.3 Luas Penampang (A)**Error! Bookmark not defined.**

4.1.4 Perhitungan kapasitas aliran fluida (debit) ... **Error! Bookmark not defined.**

4.1.5 Perhitungan Daya daya hidrolis (P)**Error! Bookmark not defined.**

4.1.6 Perhitungan Daya Listrik yang dihasilkan..... **Error! Bookmark not defined.**

4.1.7 .Perhitungan Efisiensi Turbin.....**Error! Bookmark not defined.**

4.2. Hasil Perhitungan dan Hasil Pembahasan**Error! Bookmark not defined.**

4.3 Pembahasan**Error! Bookmark not defined.**

BAB V KESIMPULAN DAN SARANError! Bookmark not defined.

5.1 Kesimpulan.....**Error! Bookmark not defined.**

5.2 Saran**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bulb Turbine	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Strafalo	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Tube turbine	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 Kaplan turbine	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 Francis turbine.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 Turbin Pleton.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7 Turbin Turgo	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8 Turbin Crossflow.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9 Turbin Francis	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.10 Prinsip Kontinuitas	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.11 Pembagian Turbin berdasarkan Debit-Head.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12 Skema Turbin <i>Screw Archimedes</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.13 Kemiringan Head Turbin Ulir	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.14 Poros Turbin <i>Screw</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.15 Rangka Turbin.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.16 Genarator	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.17 Konduktor.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.18 Lampu LED	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.19 Belt	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.20 Kinerja Turbin <i>Archimedes screw</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2 Instalasi turbin screw.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Meteran.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4 <i>Stopwatch</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.5 Pelampung.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.6 Tachometer Sumber:(Foto Pribadi, Tahun 2022).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.7 Multitester	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Uji Turbin	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GRAFIK

- Grafik 4. 1 Pengaruh debit aliran terhadap daya air..... **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 2 Pengaruh debit aliran terhadap daya air..... **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 3 Pengaruh debit aliran terhadap daya air..... **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 4 Perbandingan pengaruh debit aliran terhadap daya air..... **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 5 Pengaruh debit aliran terhadap daya listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 6 Pengaruh debit aliran terhadap daya listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 7 Pengaruh debit aliran terhadap daya listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 8 Perbandingan Pengaruh debit aliran terhadap daya listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 9 Pengaruh Putaran dynamo terhadap daya listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 10 Pengaruh putaran dinamo terhadap daya listrik..... **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 11 Pengaruh putaran dinamo terhadap daya listrik..... **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 12 Perbandingan Pengaruh Putaran terhadap daya listrik **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 13 Pengaruh Debit terhadap Efisiensi turbin **Error! Bookmark not defined.**
- Grafik 4. 14 Pengaruh Debit terhadap Efisiensi turbin **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 15 Pengaruh Debit terhadap Efisiensi turbin **Error! Bookmark not defined.**

Grafik 4. 16 Perbandingan pengaruh debit terhadap Efisiensi...**Error! Bookmark not defined.**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam skenario peningkatan permintaan energi untuk mendorong pembangunan berkelanjutan di berbagai negara maka perencanaan sektor energi menjadi lebih kompleks karena melibatkan banyak factor eksternal seperti faktor teknis, ekonomi, lingkungan, sosial, dan politik. Proses dalam menyusun dan mengevaluasi terkait dengan sektor energy mendorong adopsi kebijakan untuk mempromosikan efisiensi energi dengan meningkatkan penelitian tentang sumber energi terbarukan (Ringo et.al, 2020).

sumber energi terbarukan (*green energy*) banyak diteliti menggunakan fluida air. Indonesia negara agraris yang menghasilkan air tidak putus putus dan stabil sehingga turbin air jenis mikrohidro maupun turbin jenis archimedes lebih disukai daripada turbin angin. Ighodalo (2017)

Untuk mencapai net zero Carbon Emisi pada tahun 2050 tiga tahun yang lalu sebelum dunia dilanda pandemi COVID-19 di tengah ekonomi yang tidak stabil serta dorongan global yang sedang berlangsung menuju transisi ke energi yang lebih bersih. Emisi karbon nol bersih 2050 akan memperluas upaya untuk mengurangi emisi karbon menjadi nol bersih dan menciptakan peluang baru dan inklusif yang berkontribusi terhadap transisi energy.

Rorres (2000) meneliti parameter penting dari turbin Archimedes atas dua bagian yakni parameter internal dan eksternal. Parameter internal menentukan berapa banyak air yang akan diisi terdiri dari geometri sudu; jari-jari dalam, jumlah sudu, dan jarak sudu, Sementara parameter eksternal khusus untuk optimasi kinerja tubin yakni jari-jari dalam dan pitch. Pengaruh parameter sudut ulir dengan tiga variasi sudut ulir yaitu 23°, 26°, dan 29°. Havendri dan Arnif (2000)

Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Putaran dan Daya Hidrolisis pada Turbin Archimedes Screw Portable menurut Cahyono (2022) dengan variasi sudut kemiringan terdiri dari 20°, 30°, dan 40° menghasilkan kecepatan putaran turbin paling besar dihasilkan dari sudut kemiringan 30° sebesar 147,5 rpm. Air yang terlalu banyak merendam turbin mengakibatkan turbin lambat berputar dan sebaliknya. Semakin besar sudut kemiringan belum tentu menyebabkan putaran turbin meningkat. Level rendaman air berbanding lurus dengan sudut kemiringan turbin.

Tekanan air berpengaruh terhadap performa turbin tipe ulir dimana variasi tekanan 10 psi, 15 psi, dan 25 psi, Kenaikan tekanan akan mengakibatkan penurunan efisiensi turbin. Begitu juga penurunan torsi terjadi karena banyaknya losses disebabkan sudut kurang optimal yang mengakibatkan hilangnya torsi. (Aldio dkk, 2021)

Menurut penelitian Yoosef Doost (2020) Turbin ulir pada sistem pembangkit tenaga air kecil bertegangan rendah dengan sumber energi yang bersih dan terbarukan. Keunggulan Turbin ulir konstruksi sederhana, mudah pemasangan, rendah biaya perawatan dan ramah terhadap satwa dalam air. Agung (2017).

Parameter yang berpengaruh terhadap kinerja mekanik turbin ulir adalah jarak pitch, debit air dan kemiringan poros performance mekanis turbin ulir seperti jarak pitch, debit air dan kemiringan poros saling berpengaruh, dimana penelitian menggunakan dimensi jarak gelombang ulir (pitch) $1,6 R_o$, jari jari luar (r_{out}) 0,1419 m, dan jari jari bagian dalam (r_{inp}) 0,0762 m. Dengan memvariasikan rentang laju aliran volume air antara 0,00364 m³/s sampai 0,00684 m³/s, dan sudut poros turbin berkisar mulai 25° sampai 50°. Hasil pengujian daya dan efisiensi turbin pada laju aliran volume (debit) mendekati 0,00684 m³/s. Kemiringan poros turbin ulir tertinggi adalah 35°, Sementara output daya keluar sebesar 16,231 watt serta nilai efisiensi 61,61%. Bambang Yulis (2012)

Turbin jenis ulir banyak digunakan pada PLTMH yang menggunakan kapasitas air sebagai kekuatan pendorong turbinnya, dengan memanfaatkan ketinggian titik jatuh air (head) dan jumlah debit air maupun tekanan air yang terbentuk terhadap turbin agar menghasilkan energy mekanik, potensi daya listrik mikrohidro sangat tergantung pada tinggi jatuh air dari suatu elevasi tertentu dan menjadi dasar perhitungan energy listrik. (Saputra, Weking, & Jasa, 2017).

Melakukan kajian turbin ulir head rendah yang telah dikembangkan beroperasi pada variasi sudut sudu 0° - 30° dan dapat menghasilkan kecepatan putaran poros cukup signifikan tetapi masih mempunyai kekurangan daya yang dihasilkan. I putu menyimpulkan bahwa kinerja turbin air ini dipengaruhi berbagai faktor seperti ; putaran turbin, kecepatan spesifik dan sudut serang. I putu dkk (2018)

Meneliti pengaruh hubungan antara sudut kemiringan dengan kecepatan aliran yang dihasilkan dari Archimedes Screw Turbin terhadap kinerjanya pada aliran sungai rendah di Serawak, Malaysia. Variasi sudut kemiringan yang digunakan adalah 30° , 45° , 60° , 75° dan 90° dimana Sudut kemiringan turbin memiliki hubungan negatif dengan kecepatan putaran turbin dan torsi yang dihasilkan Terjadinya overfilling (aliran yang masuk melebihi volume maksimum) mengakibatkan tidak terjadinya perputaran pada turbin. Lee dan San Lee (2021)

Sudut kemiringan pada rentang 20° - 50° dan Panjang Penstock pada rentang 1-5 m menghasilkan Daya output maksimum sebesar 0,009149 kW dihasilkan oleh sudut kemiringan 45° dengan pitch 0,3 m, dan disimpulkan daya output berbanding lurus dengan sudut kemiringan, head, pitch, dan beban. Tahkur dkk (2020)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan peneliti diatas , maka peneliti tertarik untuk melakukan sebuah penelitian di bidang konversi energi,mengenai berapa besar pengaruh

tingginya air dalam saluran yang akan memutar poros turbin dengan variasi kemiringan sudut ketinggian (head) antara sudut kemiringan sudu 15° , 25° dan 35° .

1.3 Batasan Masalah

1. Penelitian ini membahas tentang pengaruh kapasitas air pada Turbin ulir.
2. Menggunakan sudut kemiringan sudu 15° , 25° , 35°
3. Motor penggerak tipe DC dengan putaran rendah dan penggerak pulli sabuk.

1.4 Tujuan

Menganalisis pengaruh kapasitas banyaknya air yang membenamkan sudu pada putaran poros turbin screw dengan variasi sudut dan mengetahui performance turbin *screw*.

1.5 Manfaat

Dapat mengetahui pengaruh daya turbin ulir pada kemiringan turbin dan Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya

1.6 Sistematika Penulisan

Langkah langkah penulisan proposal agar terarah dan focus dalam proposal tugas sarjana direncanakan step step yang sistematis sebagai berikut :

BAB I. Pendahuluan

Bagian ini menjelaskan latar belakang masalah penelitian, tujuan dan manfaat

BAB II. Tinjauan Pustaka

Bagian bab ini mengkaji landasan masalah dan teori pendukung dari analisis turbin screw, pengertian pembangkit tenaga air skala mikro hydro, jenis turbin, bagian utama turbin *Archimedes*, dan prinsip kerja dari turbin *Archimedes*.

BAB III. Metoda Penelitian

Bagian bab ini bercerita langkah langkah penelitian seperti menjelaskan diagram alir penelitian yang akan dilakukan, peralatan dan bahan pendukung, metode pengambilan data, sistematika proses pengambilan data dan analisa data, sehingga penelitian dapat berjalan lancar.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dijelaskan bagaimana pengaruh kemiringan dari turbin ulir dan data perbandingan antara hasil dari debit air, daya hidrolis pada turbin, daya pada turbin, torsi pada turbin, dan efisiensi turbin *Archimedes* dalam variasi variabel yang berbeda

BAB V PENUTUP

Berisikan pembahasan dan kesimpulan dari pengujian

LAMPIRAN