

**OPTIMASI DESAIN MEKANISME *LINKAGE GUIDE VANE*  
UNTUK PENGATURAN ALIRAN MASUK AIR KE SUDU  
PADA TURBIN BANKI**



**PRIMA CHANDRA UTAMA**  
**5315151366**

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan  
Gelar Sarjana Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**  
**2020**

## ABSTRAK

**SIROJUDDIN<sup>1</sup>, AHMAD KHOLIL<sup>2</sup>, PRIMA CHANDRA UTAMA**, Optimasi Desain Mekanisme *Linkage Guide Vane* untuk Pengaturan Aliran Masuk Air ke Sudu pada Turbin Banki. Skripsi, Jakarta : Januari 2020.

Turbin air banki adalah jenis turbin *crossflow*. Desainnya perlu dilakukan optimasi agar diperoleh hasil daya dan kekuatan komponennya yang optimal. Salah satu bagian penting dalam turbin banki adalah pengaturan *guide vane*, karena aliran masuk air ke sudu pada turbin tergantung dari pengaturan *guide vane* nya, baik pada debit rendah maupun normal. Tujuan riset ini adalah untuk mengoptimasi desain mekanisme *linkage guide vane* agar diperoleh ukuran dan kekuatan komponen yang optimal. Gambar desain pertama-tama dibuat dalam bentuk 2D menggunakan *software* CAD (*Computer Aided Design*) kemudian dibentuk ke 3D menggunakan *software* Inventor. Untuk menghasilkan nilai beban (*drag force*) yang terjadi pada *guide vane*, dilakukan simulasi aliran dengan *software* CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada permukaan *Guide Vane*. Beban total aliran pada *guide vane* diberikan sebesar 200 % meliputi faktor *water hammer* sebesar 130 % dan beban dinamik sebesar 150 %. Simulasi pengujian *stress analysis* menggunakan *software* Inventor dalam rangkaian komponen yang terpadu atau dalam satu *assembly*. Nilai optimasi tegangan yield dibandingkan dengan tegangan yang terjadi  $\geq 3,0$  ul (*unitless*). Dari hasil pengujian *software* Inventor diperoleh optimasi faktor keamanan kekuatan material per-komponen sebesar 3,02 ul pada poros *guide vane* dan 3,05 ul pada komponen *linkage*.

**Kata kunci** : optimasi, *linkage*, *guide vane*, turbin banki, *stress analysis*



## ABSTRACT

**SIROJUDDIN<sup>1</sup>, AHMAD KHOLIL<sup>2</sup>, PRIMA CHANDRA UTAMA**, *Design Optimization of the Vane Linkage Guide Mechanism for Managing the Flow of Water Into Blades in the Banki Turbine*, Skripsi, Jakarta : January 2020.

*Banki water turbine is a type of crossflow turbine. The design needs to be optimized in order to obtain optimal power and component strength results. An important part of banki turbines is the guide vane arrangement, because the inflow of water to the blades in the turbine depends on the arrangement of the guide vane, both at low and normal discharges. The purpose of this research is to optimize the design of the linkage guide vane mechanism so that optimal component size and strength are obtained. The design drawings were first made in 2D using CAD (Computer Aided Design) software then shaped into 3D using Inventor software. To produce the drag force that occurs in the guide vane, a flow simulation is performed with CFD (Computational Fluid Dynamics) software on the Guide Vane surface. Total load flow in the guide vane is 200%, including a water hammer factor of 130% and a dynamic load of 150%. Stress analysis testing simulations using Inventor software in a series of integrated components or in one assembly. The yield different optimization value is compared with the different that occurs yield strength is  $\geq 3.0$  ul (unitless). From the Inventor software test results obtained by the optimization of material strength safety factors per component by 3.02 ul on the guide vane shaft and 3.05 ul on the linkage component.*

**Keywords:** *optimization, linkage, guide vane, bankie turbine, stress analysis*

## PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul :

**(OPTIMASI DESAIN MEKANISME *LINKAGE GUIDE VANE* UNTUK PENGATURAN ALIRAN MASUK AIR KE SUDU PADA TURBIN BANKI)**

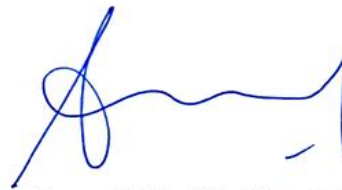
Lembar persetujuan ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat untuk pengajuan sidang skripsi pada program studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dosen Pembimbing I



**Drs. H. Sirojuddin, M.T.**  
NIP. 196010271990031003

Dosen Pembimbing II



**Ahmad Kholil, S.T., M.T.**  
NIP. 197908312005011001




### LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **Optimasi Desain Mekanisme *Linkage Guide Vane* Untuk Pengaturan Aliran Masuk Air ke Sudu pada Turbin Banki**  
Nama : **Prima Chandra Utama**  
No. Registrasi : **5315151366**

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u><b>Drs. H. Sirojuddin, M.T.</b></u> NIP. 196010271990031003 (Dosen Pembimbing I)		7/2/20
<u><b>Ahmad Kholil, S.T., M.T.</b></u> NIP. 197908312005011001 (Dosen Pembimbing II)		12/2/20

### PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

<u><b>Dr. Rivadi, S.T., M.T.</b></u> NIP. 196304201992031002 (Ketua Penguji)		7/2/20
<u><b>Drs. Adi Tri Tvassmadi, M.Pd.</b></u> NIP. 196105211986021001 (Sekretaris Penguji)		4/2/2020
<u><b>Drs. Sugeng Privanto, M.Sc.</b></u> NIP. 196309152001121001 (Dosen Ahli)		7/02/2020

Tanggal Lulus : 5/02/2020

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta

  
  
**Nam Amaningsih Juhur, Ph.D.**  
NIP. 197110162008122001

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Prima Chandra Utama

No. Registrasi : 5315151366

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 30 Agustus 1996

Alamat : Jl. Swadaya IX No. 20, RT12/01, Kel. Duren Sawit  
Kec. Duren Sawit, Jakarta Timur, 13440

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul “Optimasi Desain Mekanisme *Linkage Guide Vane* Untuk Pengaturan Aliran Masuk Air Ke Sudu Pada Turbin Banki” adalah karya tulis ilmiah yang saya buat.
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, 14 Januari 2020  
Yang Membuat Pernyataan



**Prima Chandra Utama**  
NIM. 5315151366



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Prima Chandra Utama  
NIM : 5315151366  
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik / Pendidikan Teknik Mesin  
Alamat email : primachandra2726@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi     Tesis     Disertasi     Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Optimasi Desain Mekanisme Linkage Guide Vaner Untuk Pengaturan Aliran  
Masuk Air ke Sudu Pada Turbin Banki

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 9 Maret 2020

Penulis

  
(Prima Chandra Utama)  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis berkesempatan untuk menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Optimasi Desain Mekanisme *Linkage Guide Vane* Untuk Pengaturan Aliran Masuk Air Ke Sudu Pada Turbin Banki”**. Penelitian ini tidak mungkin selesai tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, oleh sebab itu dengan rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan secara moril maupun materil.
2. Ibu Aam Amaningsih Jumbuh, Ph.D, selaku Ketua Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Drs. H. Sirojuddin, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan saran, bimbingan dan motivasi kepada penulis dalam penelitian ini.
4. Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Keluarga besar saya yang selalu mendukung dan memberi motivasi.
6. Kawan-kawan Tim *Hydropower* 1 dan Tim *Hydropower* 2 yang selalu membantu dan memberi semangat dalam penelitian ini.
7. Teman – teman seperjuangan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin, Angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
8. Dan seluruh pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian serta dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dalam sistematika penulisan maupun dalam isi materinya. Oleh karena itu,



penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, untuk penyempurnaan dalam penulisan dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap kepada Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan membawa manfaat bagi semua orang.

Jakarta, 14 Januari 2020

**Prima Chandra Utama**

NIM. 5315151366



## DAFTAR ISI

<b>PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	5
1.3. Batasan Masalah .....	6
1.4. Rumusan Masalah.....	7
1.5. Tujuan Penelitian .....	7
1.6. Manfaat Penelitian.....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
2.1. Dasar Perancangan.....	9
2.2. Optimasi Desain .....	10
2.3. Pemilihan Turbin .....	11
2.4. Turbin <i>Cross-Flow</i> .....	12
2.4.1. Komponen Turbin <i>Crossflow</i> .....	15
2.4.2. Daya yang Dihasilkan Turbin.....	16
2.4.3. Head Bersih .....	17
2.5. <i>Governing Equation</i> pada <i>Software CDF</i> .....	20
2.6. <i>K-Epsilon</i> .....	21
2.7. <i>Finite Element Method (FEM)</i> .....	22
2.7.1. <i>Stress</i> dan <i>Strain</i> Tiga Dimensi .....	23
2.8. Autodesk Inventor .....	27
2.8.1. <i>Stress Analysis</i> .....	30
2.9. Tegangan Geser .....	30
2.9.1. Tegangan Menurut Teori Energi Distorsi Maksimum.....	34
2.9.2 Faktor Keamanan.....	35
2.10. <i>Drag Force</i> .....	37
2.11. <i>Guide Vane</i> .....	38
2.12. <i>Mechanical Linkage</i> .....	39
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>42</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
3.2. Alat dan Bahan .....	42
3.2.1. Perangkat Lunak .....	42
3.2.2. Alat Penelitian .....	43
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	44
3.3.1. Uraian Diagram Alir Penelitian .....	45
3.4. Pengumpulan Data.....	65

3.4.1. Menentukan Pembebanan Pada <i>Guide Vane</i> .....	66
3.4.2. Menentukan Torsi pada Poros <i>Guide Vane</i> .....	67
3.4.3. Menentukan Gaya Rata-Rata dan Lengan Poros <i>Guide Vane</i> .....	67
3.4.4. Mengoptimasi Desain Mekanisme <i>Linkage Guide Vane</i> .....	68
3.4.4.1. Tegangan Gabungan <i>Von Misses</i> .....	68
3.4.4.2. Faktor Keamanan ( <i>Safety Factor</i> ) .....	68
3.4.4.3. Optimasi Desain .....	69
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>70</b>
4.1. Model Desain.....	70
4.2. Spesifikasi Material .....	77
4.3. Perhitungan Teori .....	79
4.3.1. Nilai <i>Drag Force</i> pada <i>Guide Vane</i> .....	79
4.3.2. Preliminary Desain .....	80
4.3.3. Pembebanan Gaya Pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	82
4.3.4. Pembebanan Gaya Pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	83
4.4. Kondisi Batas.....	84
4.4.1. Penempatan Tumpuan .....	84
4.4.2. Penempatan Pin .....	85
4.4.3. Pembebanan pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	86
4.4.4. Pembebanan pada <i>Assembly</i> Bagian 2.....	87
4.5. Hasil Analisis Tegangan <i>Von Mises</i> , <i>Displacement</i> & <i>Safety Factor</i> .....	87
4.5.1. Hasil Analisa pada <i>Assembly</i> Bagian 1.....	88
4.5.2. Hasil Analisa pada <i>Assembly</i> Bagian 2.....	90
4.6. Pembahasan Hasil Analisa pada <i>Software Inventor</i> .....	92
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>93</b>
5.1. Kesimpulan .....	93
5.2. Saran .....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>95</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>98</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>138</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Parameter Desain dan Data Turbin .....	51
Tabel 3.2	Tabel <i>Basic Mesh</i> .....	56
Tabel 4.1	Spesifikasi Material JIS Grade S35C .....	77
Tabel 4.2	Spesifikasi Material JIS Grade S45C .....	78
Tabel 4.3	Spesifikasi Material JIS Grade SS400 .....	78
Tabel 4.4	Hasil Analisa <i>Software</i> pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	88
Tabel 4.5	Hasil Analisa <i>Software</i> pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	90



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Gambar Alur Proses Perancangan.....	10
Gambar 2.2.	Diagram <i>Head-flow</i> Turbin Air .....	12
Gambar 2.3.	Effisiensi Beberapa Turbin dengan Pengurangan Debit .....	14
Gambar 2.4.	Komponen Turbin <i>Crossflow</i> .....	15
Gambar 2.5.	Diagram Moody .....	19
Gambar 2.6.	Tabel nilai kekasaran untuk pipa.....	19
Gambar 2.7.	Stress Tiga Dimensi pada sebuah Elemen.....	23
Gambar 2.8.	Tegangan pada Pembebanan Elemen.....	31
Gambar 2.9.	Tegangan yang Bekerja pada Bidang Elemen.....	31
Gambar 2.10.	Tegangan Normal pada Beban Axial .....	33
Gambar 2.11.	Tekanan dan gaya gesek pada permukaan benda.....	37
Gambar 2.12.	<i>Guide Vane</i> dan mekanismenya .....	39
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian .....	44
Gambar 3.2.	Bagian Utama Pada Turbin Banki.....	46
Gambar 3.3.	Desain 2D Mekanisme <i>Linkage Guide Vane</i> .....	47
Gambar 3.4.	Desain 2D dan Dimensi Poros <i>Guide Vane</i> .....	48
Gambar 3.5.	Desain 2D, 3D dan Dimensi Lengan Poros <i>Guide Vane</i> .....	48
Gambar 3.6.	Desain 2D, 3D dan Dimensi Pin <i>Link</i> .....	49
Gambar 3.7.	Desain 2D dan Dimensi Lengan Atas Poros 1&2 .....	49
Gambar 3.8.	Desain 2D dan Dimensi Lengan Poros Bawah 1&2 .....	50
Gambar 3.9.	Desain 2D, 3D dan Dimensi <i>Link</i> dan Poros Berulir .....	50
Gambar 3.10.	Desain 2D dan Dimensi <i>Handle</i> Poros.....	51
Gambar 3.11.	Desain 3D <i>Full Assembly</i> Mekanisme <i>Lingkage Guide Vane</i> .....	52
Gambar 3.12.	Kondisi Batas Tipe Analisis .....	53
Gambar 3.13.	Kondisi Batas Fluida .....	54
Gambar 3.14.	Kondisi Batas <i>Initial Condition</i> .....	54
Gambar 3.15.	<i>Computational Domain</i> .....	55
Gambar 3.16.	<i>Boundary Condition</i> .....	56
Gambar 3.17.	<i>Mesh Setting</i> .....	57
Gambar 3.18.	Permukaan <i>Guide Vane</i> yang Dipilih ( <i>Klik</i> ) .....	57
Gambar 3.19.	<i>Calculation</i> pada <i>Flow Simulation</i> .....	58
Gambar 3.20.	Proses <i>Running</i> pada <i>Flow Simulation</i> .....	59
Gambar 3.21.	Nilai <i>Drag Force</i> pada <i>Guide Vane</i> .....	59
Gambar 3.22.	Letak Tumpuan pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	60
Gambar 3.23.	Letak Tumpuan pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	61
Gambar 3.24.	Letak <i>Pin</i> pada Poros <i>Guide Vane</i> .....	61
Gambar 3.25.	Pembebanan Gaya pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	62
Gambar 3.26.	Pembebanan Gaya pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	62
Gambar 3.27.	<i>Meshing</i> pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	63
Gambar 3.28.	<i>Meshing</i> pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	63
Gambar 3.29.	Letak Pembebanan Pada <i>Guide Vane</i> .....	66
Gambar 4.1.	Desain 2D Mekanisme <i>Linkage Guide Vane</i> .....	70
Gambar 4.2.	Desain 2D dan Dimensi Poros <i>Guide Vane</i> .....	71
Gambar 4.3.	Desain 2D, 3D dan Dimensi Lengan Poros <i>Guide Vane</i> .....	71
Gambar 4.4.	Desain 2D, 3D dan Dimensi Pin <i>Link</i> .....	72
Gambar 4.5.	Desain 2D dan Dimensi Lengan Atas Poros 1&2 .....	72

Gambar 4.6.	Desain 2D dan Dimensi Lengan Poros Bawah 1&2 .....	73
Gambar 4.7.	Desain 2D, 3D dan Dimensi <i>Link</i> dan Poros Berulir .....	73
Gambar 4.8.	Desain 2D dan Dimensi <i>Handle</i> Poros.....	74
Gambar 4.9.	Desain 3D <i>Full Assembly</i> Mekanisme <i>Lingkage Guide Vane</i> .....	74
Gambar 4.10.	<i>Assembly</i> Bagian 1 .....	76
Gambar 4.11.	<i>Assembly</i> Bagian 2 .....	77
Gambar 4.12.	Komponen Turbin dan Aliran Fluida yang Mengenai Permukaan <i>Guide Vane</i> .....	79
Gambar 4.13.	Letak <i>Drag Force</i> pada <i>Guide Vane</i> .....	81
Gambar 4.14.	Pembebanan Gaya pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	83
Gambar 4.15.	Pembebanan Gaya pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	84
Gambar 4.16.	Letak Tumpuan pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	85
Gambar 4.17.	Letak Tumpuan pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	85
Gambar 4.18.	Letak <i>Pin</i> pada Poros <i>Guide Vane</i> .....	86
Gambar 4.19.	Input Gaya Pada <i>Assembly</i> Bagian 1.....	86
Gambar 4.20.	Input Gaya Pada <i>Assembly</i> Bagian 2.....	87
Gambar 4.21.	Hasil Tegangan <i>Von Mises</i> Pada <i>Assembly</i> Bagian 1.....	89
Gambar 4.22.	<i>Safety Factor</i> yang diperoleh Pada <i>Assembly</i> Bagian 1 .....	89
Gambar 4.23.	Hasil Tegangan <i>Von Mises</i> pada <i>Assembly</i> Bagian 2.....	91
Gambar 4.24.	<i>Safety Factor</i> yang diperoleh pada <i>Assembly</i> Bagian 2 .....	91



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Stress Analysis Assembly Bagian 1
- Lampiran 2. Stress Analysis Assembly Bagian 2
- Lampiran 3. Gambar 2D & 3D *Assembly Mekanisme Linkage Guide Vane*
- Lampiran 4. Surat Pengantar Pembimbing
- Lampiran 5. Artikel Ilmiah

