LAPORAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN KINCIR MICRO HYDRO SKALA LABORATORIUM

DISUSUN OLEH :

NAMA : MUHAMMAD SOIM HUSNAWAN

NIM : 00 51 332

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK MESIN DIPLOMA III

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

TAHUN AKADEMIK

2006/2007

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

JUDUL

PERENCANAN DAN PERHITUNGAN KINCIR MICRO HYDRO SKALA LABORATORIUM

DISUSUN OLEH :

NAMA : Muhammad Soim Husnawan
NIM : 00 51 332

Mengetahui :
Ketua Jurusan T. Mesin DIII

Ir. Drs, M. Trisno. MT 15/4 08

Disetujui:
Dosen Pembimbing

Sibut. ST

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

mor : ITN-29/I.TA/8/'06 Malang, 07 Pebruari 2006
mpiran : --------
rihal : ***Bimbingan Tugas Akhir.***

pada : **Yth. Sdr/i. *Ir. Sibut***
Dosen Institut Teknologi Nasional
Di
Malang.

Dengan hormat.

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan **Tugas Akhir** untuk mahasiswa:

Nama	: Muhammad Soim H
NIM	: 0051332
Semester	: XIII (Tiga belas)
Jurusan	: Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)
Fakultas	: Teknologi Industri

Maka dengan ini pembimbingan Tugas Akhir tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara/i selama 1 (Satu) semester ,sebagai **dosen pembimbing pertama / kedua** terhitung mulai tanggal ***07 Pebruari s/d 07 Juli 2006***

Adapun tugas tersebut untuk memenuhi persyaratan di dalam menempuh Ujian Tugas Akhir Diploma Tiga.

Demikian agar maklum, dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan banyak terima kasih.

Jurusan Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)
Ketua

Ir. Drs. Moch Trisno, MT.
NIP : 130 936 652

mbusan kepada Yth.:
1. Mahasiswa yang bersangkutan.
2. Arsip.

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa	: Muhammad Soim Husnawan
NIM	: 00 51 332
Jurusan	: Teknik Mesin Diploma Tiga (D-III)
Judul Tugas Akhir	:

PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN KINCIR MICRO HYDRO SKALA LABORATORIUM

Pengajuan Tugas Akhir	: 07 Februari 2006
Selesai Penulisan Tugas Akhir	: 20 Agustus 2006
Dosen Pembimbing	: Sibut,ST
Keterangan Nilai Bimbingan	: 87 (Delapan Puluh Tujuh)

Malang, September 2006

Mengetahui:
Dekan FTI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
DEKAN

Ir.Mochtar Asroni, MSME
NIP. 1018100036

Pembimbing

Sibut,ST
NIP Y.1030300179

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa	: Muhammad Soim Husnawan
NIM	: 00 51 332
Jurusan	: Teknik Mesin Diploma Tiga (D-III)
Judul Tugas Akhir	:

PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN KINCIR MICRO HYDRO SKALA LABORATORIUM

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir jenjang Program Studi Diploma III (D-III) pada :

Hari / Tanggal	: Selasa / 5 September 2006
Dengan Nilai Ujian	: 80,5 (Delapan Puluh Koma Lima)

PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua

Ir.Mochtar Asroni, MSME
NIP. 1018100036

Sekretaris

Ir.Drs.Moch Trisno,MT
NIP 13093652

ANGGOTA

Ir.Suparno Djiwo,MT
NIP. Y.1018600128

Ir.Drs.Boedijanto
NIP 131127272

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR ASISTENSI

Nama : **MUHAMMAD SOIM HUSNAWAN**

NIM : **00 51 332**

Judul : **PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN KINCIRMICRO HYDRO SKALA LABORATORIUM**

Dosen Pembimbing : **SIBUT,ST**

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	05-02-2006	KONSUTASI PROPOSAL ACC	
2.	15-02-2006	KONSULTASI BAB I	sibut
3.	20-02-2006	ACC BAB I	
4.	28-02-2006	KONSULTASI BAB II DAN REVISI	
5.	10-03-2006	ACC BAB II	sibut
6.	20-03-2006	KONSULTASI BAB III DAN	
7.	30-03-2006	REVISI	
8.	25-05-2006	ACC BAB III	sibut
9.	10-06-2006	KONSULTASI BAB IVDAN BAB V	
10.	20-06-2006	ACC BAB IV DAN BAB V	
11.	04-07-2006	KONSULTASI GAMBAR	
		ACC GAMBAR	

MALANG, FEBRUARI 2006

MENGETAHUI
DOSEN PEMBIMBING

sibut

SIBUT,ST

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji Syukur kehadirat Allah SWT, atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Laporan ini merupakan salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Ahli Madya pada Jurusan Teknik Mesin Diploma III di Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MT, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang yang telah memberi ijin untuk mengerjakan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Drs. Moch Trisno, MT, selaku Ketua Jurusan yang telah memberikan kesempatan kami untuk mengerjakan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Suryanto MT, selaku Sekretaris Jurusan yang telah banyak membantu kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Sibut, ST, selaku Dosen Pembimbing Laporan Tugas Akhir yang telah membimbing kami dalam penyusunan laporan ini.
5. Kedua orang tua kami yang selalu mendukung dan mensuport kami dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan ini.

Kami menyadari sepenuhnya laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karen itu kami mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Dan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, September 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR JUDUL .....
SURAT BIMBINGAN .....
LEMBAR PERSETUJUAN .....
LEMBAR BIMBINGAN .....
BERITA ACARA TUGAS AKHIR .....
LEMBAR ASISTENSI .....
KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI ii
DAFTAR GAMBAR iii
DAFTAR GRAFIK iv
BAB I : PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Batasan Masalah 2
1.3 Rumusan Masalah 3
1.4 Maksud dan Tujuan 3
1.5 Metode Pengumpulan Data 3
1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II : LANDASAN TEORI
2.1 Klasifikasi Turbin Air 5
2.1.1 Berdasarkan Aksi Fluida Kerjanya 5
2.1.2 Berdasarkan Head Turbin Air 6
2.1.3 Berdasarkan Kecepatan Spesifikasinya 7
2.1.4 Berdasarkan Pemasangan Poros Turbin 7
2.2 Pengertian Micro Hydro 8
2.3 Komponen-komponen Pembangkit Listrik Mikro Hydro 10

2.3.1 Macam-macam komponen yang ada pada pembangkit Listrik micro hydro 10
2.3.2 Dam Atau Bendungan Pengalih dan Intake 12
2.3.3 Bak Pengendap 12
2.3.4 Bak Penenang 13
2.3.5 Penstock 13
2.3.6 Turbin Dan Generator 14
2.4 Beberapa Pengertian Pada Turbin Air 14
2.4.1 Pipa Tekan 14
2.4.2 Pipa Pendatar 14
2.4.3 Pipa Pesat 15
2.4.4 Pipa Lepas 15
2.4.5 Head Pada Turbin Air 15
2.4.6 Head Loss 16
2.4.7 Water Hammer 16
2.4.8 Kavitasi 16
A. GGL Induksi 17
B. Gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan GGL ... 17

BAB III : PERANCANGAN

3.1 Listrik 20
3.2 Runner / Kincir / Blade 24
3.2.1 Energi Air 25
3.2.2 Kondisi Ideal 26
3.2.3 Kondisi Lapangan 29

BAB IV : PROSES PEMBUATAN

4.1 Pembuatan Sudu 31
4.2 Pembuatan Roda / Blade kincir 32
4.3 Pembuatan Roda Magnet 33
4.4 Pembutan Anker 34

4.5 Pembuatan Nozzle.....35
4.6 Rangkaian Micro Hydro.....36

BAB V : PENUTUP
5.1 Kesimpulan 37
5.2 Saran-saran 38

Daftar Pustaka

Lampiran-lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Komponen Micro Hydro 11
Gambar 2. Dam (Bendungan) 12
Gambar 3. Bak Pengendap 12
Gambar 4. Bak Penenang 13
Gambar 5. Penstock 13
Gambar 6. Turbin dan Generator 14
Gambar 6.a. Fluks Magnetik 17
Gambar 7. Arus Induksi 18
Gambar 8. Posisi Magnet Melalui Kumparan 22
Gambar 9. Posisi Lengan Efektif 24
Gambar 10. Runner atau Kincir 25
Gambar 11. Posisi Air Terhadap Sudu 27
Gambar 12. Putaran Runner 29
Gambar 13. Runner 30
Gambar 14. Pembuatan Sudu 31
Gambar 15. Pembuatan Roda atau Blade Kincir 32
Gambar 16.Pembuatan Roda Magnet 33
Gambar 17. Pembuatan Kumparan 34
Gambar 18. Pembuatan Nozzle 35
Gambar 19 Rangkaian Micro Hydro 36

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Arus Yang Terjadi.....23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tenaga merupakan suatu unsur penunjang yang sangat penting bagi pengembangan secara menyeluruh suatu gagasan. Pemanfaatanya secara tepat guna akan merupakan suatu alat yang ampuh untuk merangsang pertumbuhan perekonomian suatu negara. Berdasarkan alasan tersebut dapat dimengerti apabila pada akhir-akhir ini permintaan akan pembangkit tenaga semakin meningkat. Secara garis besar dapat dikaitkan bahwa, ditinjau dari segi kebutuhan tenaga hampir dapat dipastikan semua negara di dunia benar-benar sedang mengalami krisis energi dan berbagai kesibukan dilakukan untuk menjajagi pemanfaatan berbagai alternative pembangkit energi untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat.

Semua gejala alam seperti pasang surut lautan, panas matahari, energi angin, semua dianggap memang diciptakan guna memenuhi kebutuhan akan sumber energi untuk mencapai kesejahteraan umat manusia. Salah satu sumber tenaga yang mempunyai banyak keuntungan adalah tenaga air Indonesia yang segi geografis dan iklim memungkinkan tersedianya air yang cukup banyak sepanjang tahun, tidaklah salah bilamana digalakan lebih intensif penggunaan tenaga air yang lebih efektif lagi untuk menunjang pembangunan Indonesia. Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat-pusat tenaga air di bangun disungai-sungai dan di pegunungan-pegunungan, sedangkan yang

dimaksud tenaga air ini adalah tenaga potensial air akibat adanya perbedaan ketinggian air (*elevation*).

Berdasarkan fluida kerja yang dipergunakan maka turbin dapat dibedakan atas turbin, turbin gas, dan turbin uap. Suatu turbin secara garis besar terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu stator, bagian yang diam dan rotor, bagian yang berputar atau sering disebut roda turbin (*runner*). Pada runner dipasang sudu-sudu dengan bentuk yang sesuai dengan kebutuhan perencanaan sehingga memungkinkan timbul momentum fluida kerja yang berguna disaat air melewatinya. Aliran air menuju roda turbin dan menumbuk roda oleh karena elevasi tenaga potensial air atau pressure energi berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Dengan adanya tumbukan oleh air pada sudu, maka roda turbin dapat berputar dan putaran ini diteruskan ke poros turbin yang merupakan energi mekanik atau tenaga mekanis.

1.2 Batasan Masalah

Dalam perencanaan turbin air, turbin yang akan direncanakan adalah turbin air jenis micro hydro. Pada perencanaan ini pembahasan akan dibatasi pada:

1. Kecepatan yang terjadi pada turbin micro hydro
2. Gaya dan Momen Puntir
3. Tegangan yang dihasilkan
4. Daya yang dihasilkan

1.3 Rumusan Masalah

Untuk mempertegas permasalahan yang ada maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung kecepatan yang terjadi pada micro hydro?
2. Bagaimana menghitung gaya dan momen puntir?
3. Bagiamana menghitung tegangan yang dihasilkan?
4. Bagaimana menghitung daya yang dihasilkan?

1.4 Maksud dan Tujuan

1. Dapat membuat kincir micro hydro secara efektif dan efisien.
2. Dapat menentukan dimensi kincir micro hydro.
3. Dapat menentukan kapasitas dari kincir micro hydro.
4. Dapat digunakan sebagai bahan praktek siswa-siswa SMK terutama jurusan elektro yang membutuhkan.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam perencanaan dan perancangan turbin micro hydro ini, maka dilakukan pendekatan masalah-masalah yang mungkin akan timbul. Langkah-langkah yang dilakukan :

1. Studi Literature, yaitu mempelajari kasus-kasus yang mirip dengan proses perencanaan dan perancangan.
2. Konsultasi, pada dosen pembimbing, dosen pengajar mata kuliah dan beberapa dosen yang ahli dalam bidang ini.

3. Diskusi, melakukan bermacam-macam diskusi dengan teman-teman, baik bagian pembuatan maupun yang bagian perawatanya.
4. Studi Observasi, yaitu dengan mengadakan survey ke beberapa bengkel mesin industri yang sekiranya dapat membantu penyelesaikan tugas akhir ini baik di bengkel kecil maupun bengkel besar.

Dengan adanya pendekatan tersebut diatas maka banyak hal yang didapat selama dalam penyusunan laporan tugas akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : **PENDAHULUAN,** Membahas tentang:

Latar Belakang, Batasan Masalah, Maksud dan Tujuan, Metode Pengumpulan Data, Sistematika Penulisan.

BAB II : **LANDASAN TEORI,** Membahas tentang:

Teori-teori yang digunakan untuk menunjang peracangan disertai rumus-rumus dan refisi sebagai acuan.

BAB III : **PERANCANGAN,** Membahas tentang:

Perhitungan konstruksi Turbin Micro Hydro.

BAB IV : **PROSES PEMBUATAN,** Meliputi tentang:

Proses pembuatan micro hydro

BAB V : **PENUTUP,** Membahas tentang :

Kesimpulan dari keseluruhan perencanaan mesin, disertai dengan saran-saran yang dapat bermanfaat bagi terlaksananya tugas ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air diklasifikasikan berdasarkan aksi fluida kerja, head turbin.

2.1.1 Berdasarkan Aksi Fluida Kerjanya

Ditinjau dari aksi fluida kerjanya terhadap sudu jalan maka turbin air dapat digolongkan menjadi 2 (dua) jenis yaitu:

a. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah suatu turbin dimana proses penurunan tekanan ekspansi dari fluida kerja hanya terjadi pada sudu pengarah atau nozzle saja. Tenaga potensial dari air dirubah menjadi tenaga gerak seluruhnya di dalam nozzle, sehingga air disaat meninggalkan nozzle dengan kecepatan yang tinggi dan langsung berhubungan dengan udara luar. Air yang dipancarkan dari nozzle menumbuk sudu-sudu jalan dan mengalir diantara sudu-sudu jalan dan pada saat meninggalkan sudu kecepatan absolut air akan menjadi kecil, namun kecepatan relatif air pada sisi masuk dan sisi keluar jalan tetap sama karena sudu jalan bekerja pada tekanan atmosfer. Sebutan lain dari turbin impuls adalah turbin aksi, turbin kinet atau Pressureless Turb.

b. Turbin Reaksi

Pada turbin ini porses penurunan tekanan fluida kerjanya terjadi pada sudu-sudu pengarah maupun pada sudu-sudu jalan. Pada sudu pengarah tenaga potensial dari air dirubah menjadi tenaga tekanan dan sebagian tenaga kinetik, sehingga air pada saat meninggalkan instalasi tersebut tekanannya cukup tinggi. Kecepatan absolut pada sisi keluar akan lebih kecil dari pada sisi masuknya karena aliran air membentuk sudu-sudu jalan tersebut, sedangkan kecepatan relatif air pada saat meninggalkan sudu jalan bertambah besar karena penurunan tekanan selama air mengalir diantara sudu-sudu jalan. Jadi karena adanya tekanan air di sudu pengarah diperoleh kecepatan putar roda turbin.

Menurut Prof. Ir. Suryono (1984 : 5) perbedaan pokok antara kedua golongan turbin ini adalah

1. Runner impuls berputar karena mendapat pancaran air. Dengan demikian, maka seluruh head (hampir seluruhnya) di rubah menjadi energi kinetik untuk motor runner. Kecepatan air yang keluar nozzle adalah sebesar $(2\ gh)^{1/2}$, sebanding dengan $h^{1/2}$.
2. Runner turbin reaksi berputar di dalam air dalam bentuk tekanan dan kinetik.

2.1.2 Berdasarkan Head Turbin Air

Penggolongan turbin air berdasarkan headnya pada setiap liter ternyata berbeda-beda, namun masih dalam batas yang tidak berbeda jauh. Pengelompokan turbin air berdasarkan headnya adalah sebagai berikut : (M.M Dandekar, KN Sharma 1979 : 308)

- Head rendah (Low Head) : 2 - 15 m
- Head menengah (Medium Head) : 16 - 70 m
- Head tinggi (High Head) : 71 - 500 m
- Head sangat tinggi (Very High Head) : 500 m ke atas

Untuk head yang sangat rendah hanya sesuai pada turbin Propeller, turbin kaplan atau turbin tabling. Untuk head menengah dipergunakan pada turbin Kaplan dan turbin Francis, untuk head yang tinggi digunakan pada turbin Francis dan Pelton. Sedangkan untuk head yang sangat tinggi digunakan turbin Pelton.

2.1.3 Berdasarkan Kecepatan Spesifikasinya

a. Turbin dengan kecepatan spesifik 10 : 35, single jet dan sampai 50 double jet.
b. Turbin dengan kecepatan spesifik 60 :400, disebut Francis.
c. Turbin dengan kecepatan spesifik 300 : 1000, disebut turbin kapian dan propeller.

2.1.4 Berdasarkan Pemasangan Poros Turbin

- Vertical Shaft Turbin

  Turbin dengan poros tegak adalah suatu turbin dimana penempatan porosnya menuju pusat bumi atau vertical line.

- Horizontal Shaft Turbin

  Turbin dengan poros horizontal adalah suatu turbin dengan kapasitas dari daya yang kecil, dimana penempatan porosnya merupakan garis yang tegak lurus terhadap vertical line.

- In Clined

  Turbin tabling (tabular turbin) adalah suatu turbin dimana penempatan porosnya merupakan garis yang membentuk sudut tertentu terhadap vertical line.

2.2 Pengertian Micro Hydro

Micro hydro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar pula energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya micro hydro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir disuatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air

persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah Head. Micro Hydro juga dikenal sebagai *white resources* dengan kelemahan bebas bisa dikatakan"*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan di bangun) dapat diubah menjadi energi listrik.

Seperti dikatakan diatas, Micro Hydro hanyalah sebuah istilah. Micro artinya kecil sedangkan hydro artinya air. Dalam prakteknya, istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun bisa dibayangkan bahwa micro hydro, pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Yang membedakan antara istilah Micro hydro dengan Mini hydro adalah output daya yang dihasilkan. Micro hydro menghasilkan daya yang lebih rendah daripada mini hydro, untuk micro hydro daya yang keluar maksimal 100 W, sedangkan untuk mini hydro daya keluaranya berkisar antara 100 W sampai 5000 W. Secara teknis micro hydro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin, dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi air tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin sendiri dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut

kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan kerumah-rumah atau keperluan lainnya (beban). Begitulah secara ringkas proses micro hydro merubah energi aliran dan ketinggian air menjadi energi listrik.

Terdapat sebuah peningkatan kebutuhan suplai daya kedaerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri, dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi dari perluasan jaringan listrik, sering membuat micro hydro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Ini karena skema micro hidro yang mandiri menghemat biaya dari jaringan transmisi, dan karena skema perluasan jaringan sering memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal. Dalam kontrak, skema micro hydro dapat di desain dan dibangun oleh pegawai lokal dan organisasi yang lebih kecil dengan mengikuti peraturan yang lebih longgar dan menggunakan teknologi lokal seperti untuk pekerjaan irigasi tradisional atau mesin-mesin buatan lokal. Pendekatan ini dikenal sebagai Pendekatan Lokal.

2.3 Komponen-Komponen Pembangkit Listrik Micro Hydro

2.3.1 Macam-macam komponen yang ada pada pembangkit listrik micro hydro antara lain:

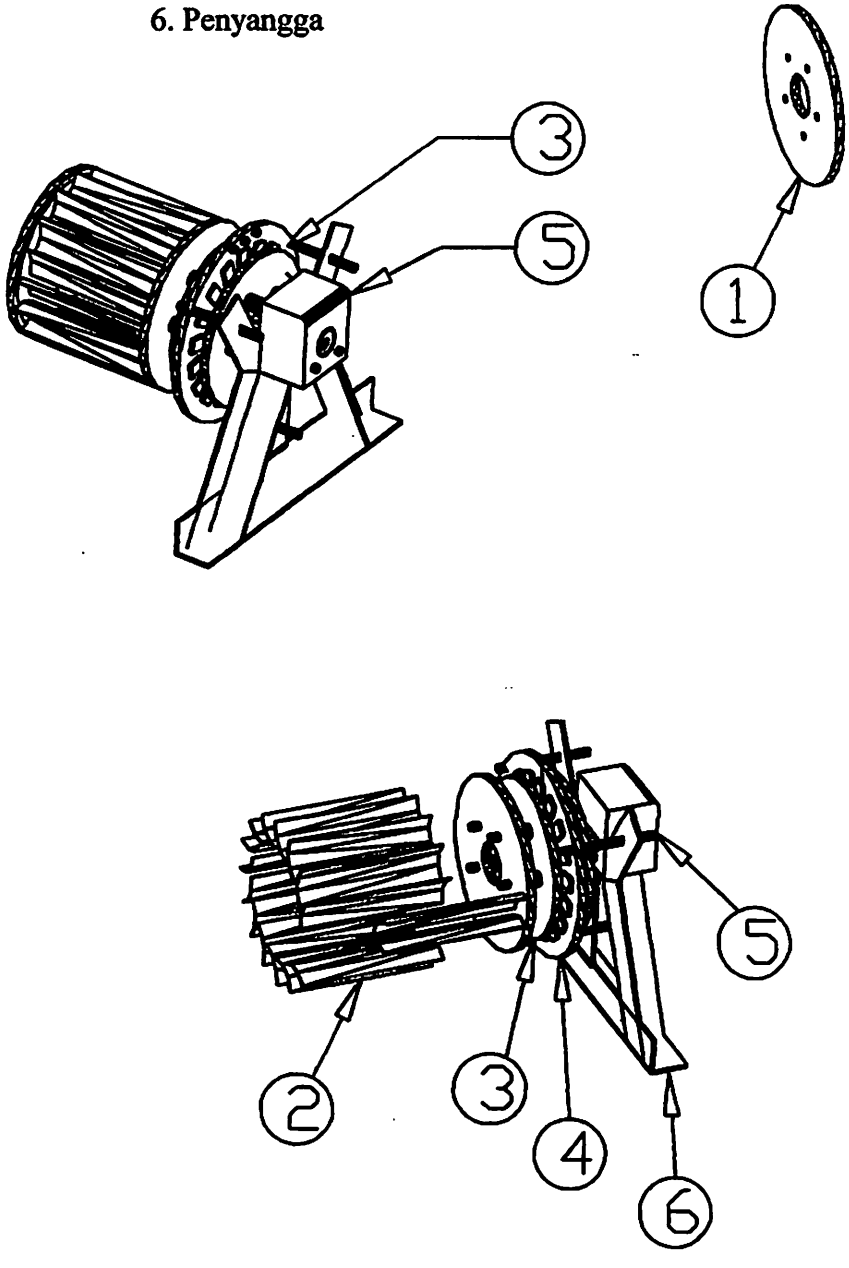
1. Runner
2. Sudu

3. Blade Magnet

4. Kumparan

5. Box Control

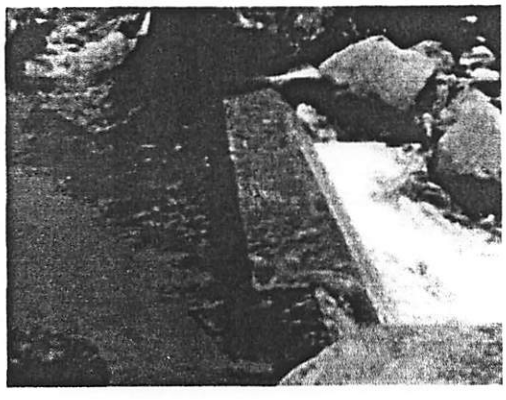
6. Penyangga



Gambar 1. Komponen micro hydro

2.3.2 Dam atau Bendungan Pengalih dan Intake

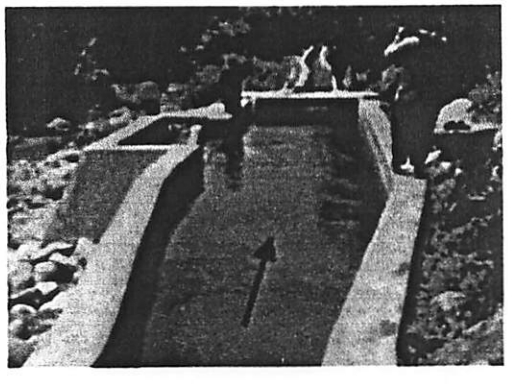
Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai (intake pembuka) kedalam sebuah bak pengendap.



Gambar 2. Dam (Bendungan)

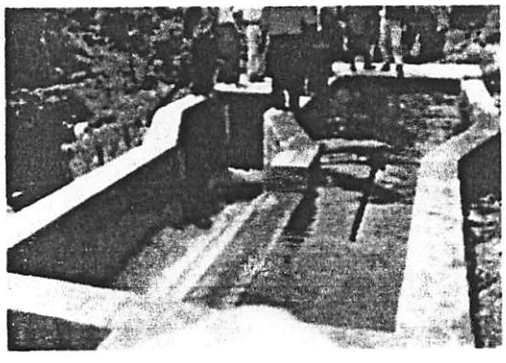
2.3.3 Bak Pengendap

Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dan air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dam pasir.



2.3.4 Bak Penenang

Fungsi dari bak penenang adalah mengatur perbedaan keluaran air antara sebuah penstock headrace, dan untuk memisahkan akhir kotoran dalam air seperti pasir, kayu-kayuan.



Gambar 4. Bak Penenang

2.3.5 Penstock

Penstock dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah Turbin.

Gambar 5. Penstock

2.3.6 Turbin dan Generator

Perputaran gagang dari roda dapat digunakan untuk memutar sebuah alat mekanikal (seperti sebuah penggilingan biji, pemeras minyak, mesin bubut kayu, dan sebagainya), atau mengoperasikan sebuah generator listrik. Mesin-mesin atau alat-alat, dimana diberi tenaga oleh skema hydro, disebut dengan "Beban (*Load*)"

Gambar 6. Turbin dan Generator

2.4 Beberapa Pengertian Pada Turbin Air

2.4.1 Pipa Tekan

Pipa tekan adalah konstruksi yang menyalurkan air mulai dari intake (bagian pengambilan air) sampai ke tangki pendatar (*surge tank*), tepat mulainya pipa pesat.

2.4.2 Pipa Pendatar

Tangki pendatar atau tangki lepas tekanan mendadak (*surge tank*) di tempatkan pada permulaan pipa pesat (*penstock*). Tangki pendatar ini dibutuhkan apabila terdapat perbedaan yang relatif besar antara water surface dengan garis energi, karena tangki pendatar ini berfungsi untuk

mengeliminir water hammer yang terjadi apabila debit air pada turbin tiba-tiba berubah.

2.4.3 Pipa Pesat

Berbeda dengan pipa tekan yang umumnya di pasang atau di bagian di bawah tanah maka pipa pesat biasanya di atas permukaan tanah. Kemiringannya cukup curam di banding dengan pipa tekan dan umumnya dibuat dari baja yang dilas. Dalam perencanaan pipa pesat harus diperhitungkan kemungkinan tekanan air yang terbesar dengan mengingat akan kenaikan tekanan yang disebabkan oleh gelombang pukulan air disamping tekanan hydrostatis yang ada.

2.4.4 Pipa Lepas

Air setelah melakukan kerja pada runner di buang pada tail race melalui pipa lepas ini. Pipa lepas terbuat dari baja atau beton. Karena air pada waktu keluar dari runner masih mempunyai komponen tangens yang dapat merusakkan dinding bagian masuk pada pipa lepas ini, maka pada bagian ini dibuat dari logam yang cukup kuat dapat juga di buat dari beton.

2.4.5 Head Pada Turbin Air

Head Pada Turbin Air dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu:

- Gross Head

  Adalah perbedaan permukaan air yang teratas dari reservoir (*head race*) dengan permukaan teratas tail race pada saat permukaan air dalam keadaan tenang.

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

- Net Head

  Adalah head yang berguna pada daerah masuk turbin. Head ini diperoleh dengan mengurangi gross head dengan semua losses yang terjadi sepanjang aliran air dari head race sampai daerah masuk turbin.

2.4.6 Head Loss

- Skin Losses

  Adalah kerugian yang terjadi antara air dengan dinding pipa karena gesekan, sepanjang aliran pada pipa yang lurus.

- Eddy Losses

  Adalah kerugian yang terjadi oleh perubahan arah aliran secara tiba-tiba seperti halnya pada belokan-belokan, pipa bersambung, katup, dll.

2.4.7 Water Hammer

Terjadi karena adanya perubahan tekanan di atas atau di bawah tekanan normalnya, yang disebabkan oleh perubahan mendadak dari rate of water.

2.4.8 Kavitasi

Suatu peristiwa terjadinya gelembung-gelembung uap di dalam cairan (air) yang mengalir di perlukan tekanan di tempat tersebut sama atau dibawah tekanan uapnya

A. GGL induksi

Adalah arus listrik yang dihasilkan oleh induksi medan magnet yang dipotong oleh kumparan.

$\varepsilon = B.\ell.v.\sin\alpha$ untuk arah v dan

$\varepsilon = B.\ell.v.$ untuk penghantar lebih dari 1 kumparan

$\varepsilon =$ ggl (Volt) $\varepsilon = n.B.\ell.v$

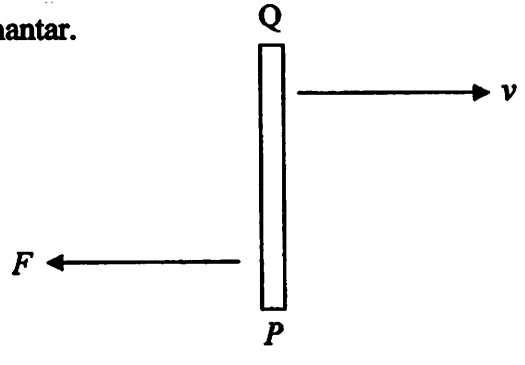
B = besar induksi magnetik (T)

v = kecepatan translasi kumparan $\left(m/_{dt}\right)$

B. Gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan GGL

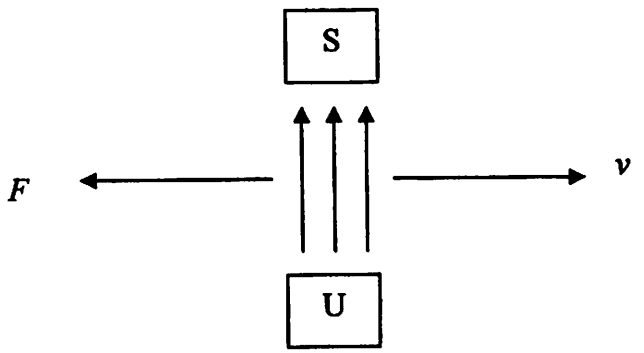
- Hukum Lenz

  Perubahan fluks magnetik terjadi akibat gerakan penghantar PQ ke kanan maka gaya Lorentz G ke kiri untuk melawan arah gerak penghantar.



Gambar 6. Fluks magnetik

- Berdasarkan kaidah tangan kanan untuk B masuk bidang kertas dan F ke kiri maka arus induksi pada kawat PQ adalah dari P ke Q.



Gambar 7. Arus induksi

- **Gaya Lorentz**

$F = I.\ell.B.\sin\phi$

Ø = 90° karena antara B dan I = tegak lurus.

C. Energi Air

$v = \sqrt{2.g.H}$

v = Kecepatan air pada ujung nozzel $\left(m/s\right)$

D. Kondisi Ideal

- Gaya minimum pada sudu turbin

$F = \rho \ A \ v^2$

$= 1000 \ . \ 8{,}107.10^{-3} \ . \ 4{,}23347^{\ 2}$

$= 145$ N

- Kecepatan sudu max (tanpa beban) = v air

v Air = 4, 23347 $\left(m/s\right)$

v Sudu = 4,23347 $\left(m/s\right)$

E. Kondisi Lapangan

- Efisiensi turbin

  Efisiensi turbin dianggap 50 % (karena hambatan gesek dan kurang tepatnya air membentur sudu turbin).

- Momen Puntir yang masih tersedia

  = (momen puntir runner) – (momen puntir tahanan)

- Gaya pada sudu runner turbin

  $M = F \cdot r$

BAB III

PERANCANGAN

3.1 Listrik

A. Jumlah lilitan (n)

Out put yang diletakan (V) 12 V

Kuat medan magnet (B) : 0,15 T ditengah kumparan = 1,5 dari kuat dipermukaan = 0,075 T.

Jumlah lilitan? (n)

Kecepatan perubahan atau memotong medan (v) direncanakan pada sudu = 100 Rpm, maka pada magnet (v) = 1,463 m/s.

Diameter blade magnet : 11" = 0,2794 m

Keliling blade magnet : π d $\leftrightarrow \pi$. 0,2794

: 0,8778m

Kecepatan keliling blade magnet terhadap kumparan atau spool

Keliling blade magnet x Rotasi / menit = v

0,8778 x 100 Rpm = 87,78 m/menit

v = 1,463 m/s

Jadi kecepatan keliling magnet terhadap kumparan atau spool = 1,463 m/s.

Jumlah lilitan yang dibutuhkan :

$\varepsilon = n.B.\ell.v$

$$n = \frac{\varepsilon}{B.\ell.v} \leftrightarrow \quad n = \frac{12}{0{,}075.0{,}0508.1{,}463}$$

= 2152,8 lilitan

Jumlah Spool = 9 titik kontak dengan magnet = 18

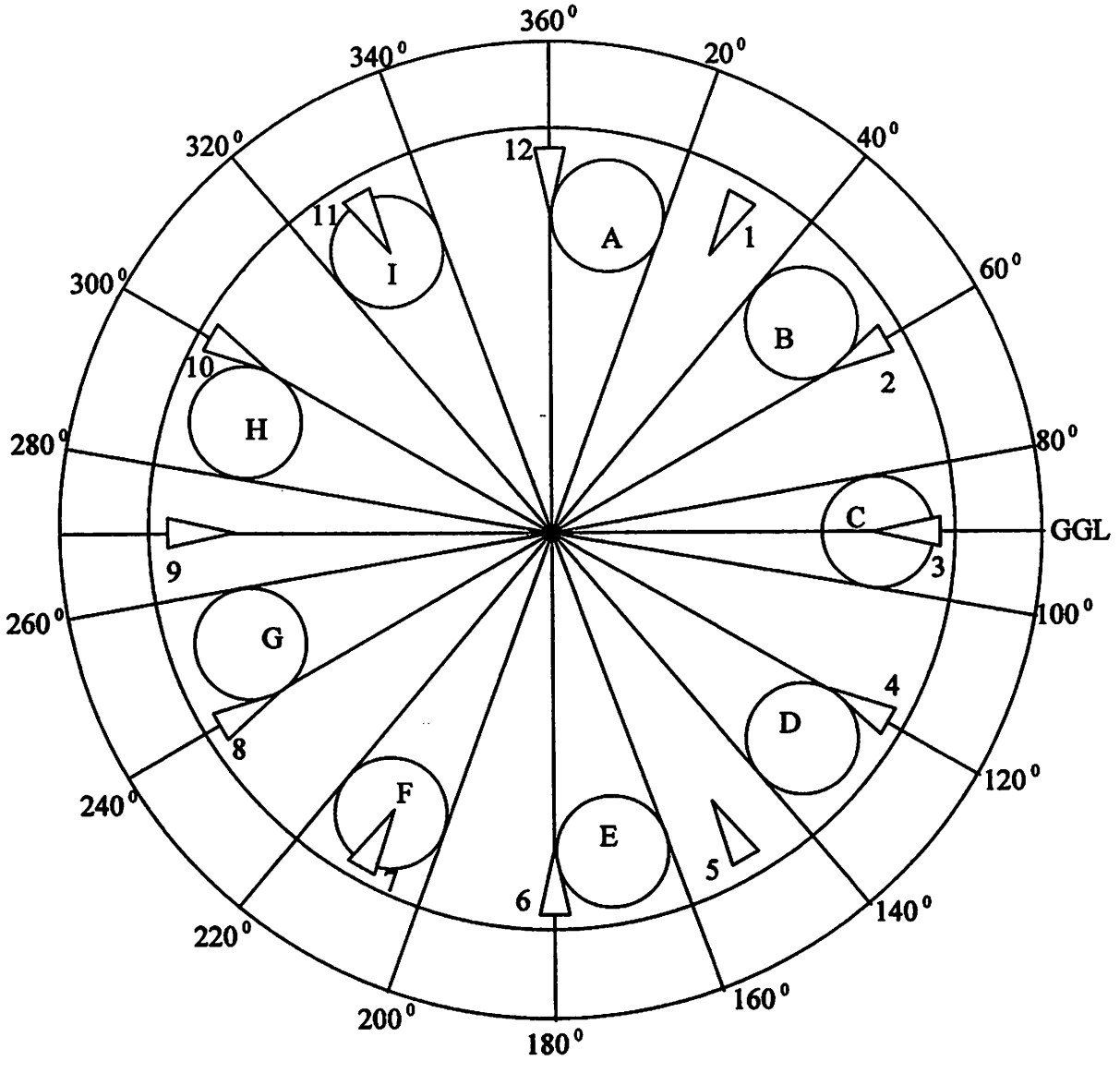
Terbagi menjadi 3 fasa sehingga spool yang di rangkai seri adalah : 9 spool / 3 fasa = 3 spool.

Jumlah lilitan tiap 3 spool (*n*) : $\frac{2152,8}{3}$ lilitan

: 717,6 lilitan

Jadi jumlah lilitan pada 1 spool : $\frac{717,6}{3}$ lilitan

: 239,2 lilitan



Gambar 8 posisi magnet yang melalui kumparan

B. Gaya yang dibutuhkan

Gaya Lorentz : gaya hambat lilitan terhadap magnet.

Kumparan yang memotong medan magnet akan menghasikan GGL induksi bila GGL induksi dialirkan atau digunakan maka akan timbul gaya lorenzt yang arahnya berlawanan dengan arah gerak kumparan.

$F = I.\ell.B.\sin\phi$ Sin 90 = 1 maka:

$F = I.\ell.B$ karena flux magnet di potong > 1 kawat maka

$\boxed{F = n.I.\ell.B}$

n = jumlah lilitan

Gaya lorentz yang terjadi pada 1 spool :

I = 2 Amp

F = 717,6.2.0,0508.0,075

F = 5,468112 N

Jadi gaya lorentz tiap spool = 5,468112 N

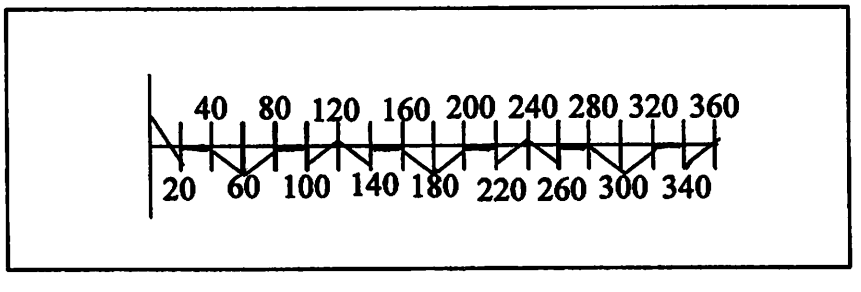
Spool yang dirangkai bersama (secara seri)

1 : A - D - G ---------- (+)

2 : B - E - H ---------- (-)

3 : C - F - I ---------- 0

Grafik arus listrik yang terjadi:



Grafik 1. Arus yang terjadi

Dari grafik - arus listrik maka dari 3 pasangan spool yang di rangkai seri yang mengalami gaya lorentz adalah spool yang mengalami grafik naik atau turun. Sehingga saat rotor berputar kincir dibebani oleh 2 pasangan seri yang masing-masing terdiri dari 3 spool:

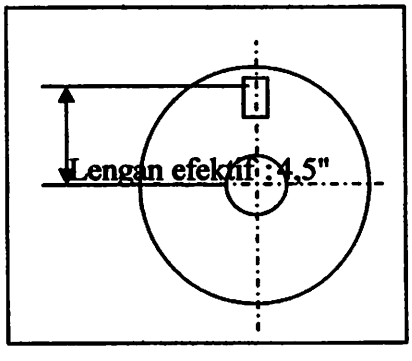
Jadi spool yang mengalami gaya lorentz adalah 3 x 2 = 6 spool.

Tiap tiap spool mendapat gaya lorentz 5,468112 N

Gaya lorentz total = 6 x 5,468112 N

F = 32,808672 N

Momen puntir minimal yang harus dimiliki kincir (runner) untuk menghilangkan gaya lorentz.



Lengan efektif : 4,5" = 0,1143 m

Gaya lorentz = 32,808672 N

Momen puntir tahanan:

$F \cdot l = M$

32,808672 . 0,1143 = 3,75 Nm

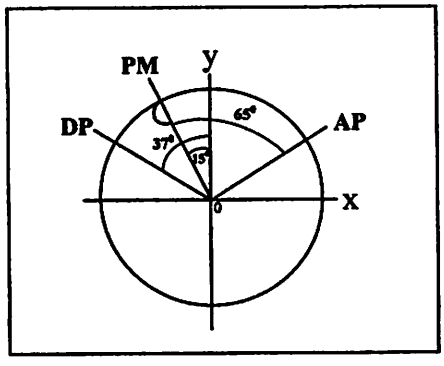
Jadi momen puntir tahanan = 3,75 Nm.

Gambar 9. Posisi Lengan efektif

3.2 Runner atau kincir atau blade

- Ujung runner 12" di tarik garis X dan Y saling tegak lurus.
- Sudu ditempatkan di ujung runner (titik P) dengan sudut 15° dari garis Y.
- Sudu 1/4 lingkaran di tarik garis lurus PM pada ujung-ujungnya

- dari pusat roda (titik O) di tarik garis lurus OP
- garis OP dan garis PM dibuat sudut 37°.
- Garis AP adalah garis lilitan air, garis AP adalah 65° dari garis PM.



Gambar 10. Runner atau kincir atau blade

3.2.1 Energi Air

$F = \rho.A.v^2$

$Ep = m.g.H$ $\qquad$ ρ air 1000 kg/m^3

$Ek = \frac{1}{2} m^2 v^2$

$Ep + Ek = Em$ $\qquad$ $Em = C. / Ep = Ek$

Diket : $H = 3''$

$g = 9{,}8 \text{ m/s}^2$

$3\,H = 3.\ 0{,}3048 \text{ m}$

$= 0{,}9144 \text{ m}$

$Ep = Ek$

$\cancel{m}.g.H = 1/2\cancel{m}.v^2$

$1/2\ v^2 = g.H$

$v = \sqrt{2.g.H}$

v = Kecepatan air pada ujung nozzel (m/s)

g = Gravitasi (9,8m/s^2)

H = Head air (m)

M = Momen puntir (Nm)

v <u>air vang menuiu sudu (uiung nozzle)</u>

$v = \sqrt{2.g.H}$

$= \sqrt{2.9{,}8.0{,}9144}$

$= 4{,}23347\ m/s$

Diameter pipa = 4" = 0,1016m.

Luas permukaan pipa = $\frac{\pi}{4}.d^2$

$= \frac{\pi}{4}.0{,}1016^2$

A = $8{,}107 \,.\, 10^{-3}\ m^2$

Debit min air : L pipa × v air= $8{,}107 \,.\, 10^{-3} \,.\, 4{,}23347$

Q = $3{,}432 \,.\, 10^{-2}\ m^3/s$

<u>Gaya min yang dimiliki air saat keluar dari nozzle</u>

Luas ujung nozzle (A)= $8{,}107 \,.\, 10^{-3}\ m^2$

Lebar nozzle (ℓ) = 10" = 0,254 m

Tinggi lubang nozzle (t) = A = $\ell \times t$

$t = \frac{A}{\ell} \leftrightarrow \frac{8{,}107.10^{-3}}{0{,}254}$

$$t = 3{,}192.10^{-2}\ m = 1''$$

$$F = \rho\ A\ v^2$$

$$= 1000\ .\ 8{,}107.10^{-3}\ .\ 4{,}23347^2$$

$= 145$ N Jadi gaya yang dimiliki air : 145 N

F = Gaya air keluar dari nozzle (N)

ρ = massa jenis air 1000 $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

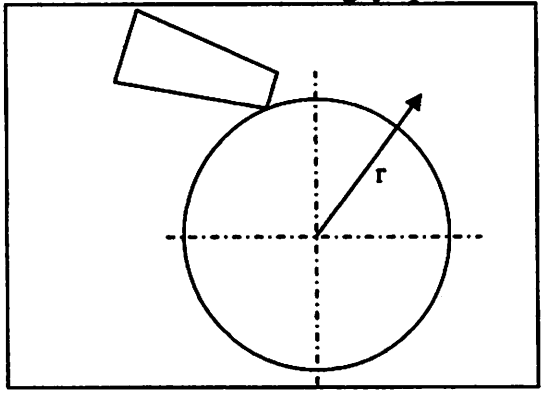
v = kecepatan air keluar dari nozzle $\left(m/s\right)$

A = luas ujung nozzle (m^2)

3.2.2 KONDISI IDEAL

A. Gaya min pada sudu turbin

Karena luar permukaan sudu lebih besar dari luas permukaan air maka seluruh gaya air dapat diserap oleh sudu maka gaya air keluar dari nozzle = gaya pada sudu D. roda sudu = 12" = 0,3048 m



Jari-jari roda $= \frac{0{,}3048}{2} = 0{,}1524$ m

Air menabrak sudu pada ujung roda sehingga :

Momen puntir = F . R runner / blade

= 145.0,1524

= 22,0,98 Nm

Gambar 11. Posisi air terhadap sudu

K = $\frac{1}{4}$.*K.Pipa*ϕ4"

Keliling sudu : $7{,}9796 \cdot 10^{-2}$ m.

Jadi pada Head air = 3 yd = 0,9144 m

Ø pipa = 4" 1 inch = 2,54 cm × 4 = 10,16

Lebar sudu = 10"

Nozzle = 10" × 1"

Menghasilkan v air: 4,22347 m/s

F air : 145 N

momen puntir pada runner / roda sudu : <u>22.098 Nm.</u>

Jadi momen puntir pada runner : 22.098 Nm

B. Kecepatan sudu max (tanpa beban) = v air

v air : 4,23347 m/s

Keliling runner d : 12" = 0,3048 m.

$K = 2\pi . r = \pi d$

$K = \pi . 0{,}3048$

$= 0{,}9576$ m.

v sudu = 4,23347 m/s

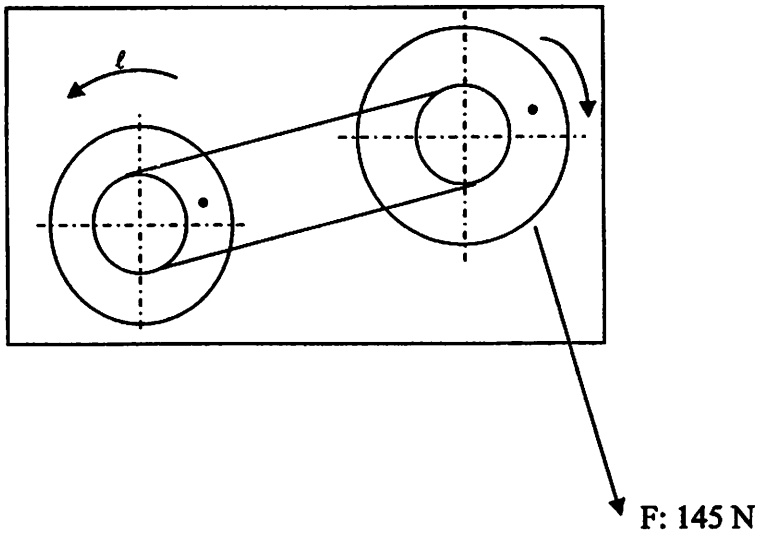
Putaran runner $= \dfrac{v\ sudu}{K\ runner} = \dfrac{4{,}23347}{0{,}9576} . 60$

= 4,42092 . putaran / detik. 60 detik

= <u>265.26 Rpm</u>

<u>Jadi putaran runner tanpa beban = 265.26 Rpm</u>

Momen tahanan max generator: 3,75 Nm .



Gambar 12. Putaran runner

3.2.3 KONDISI LAPANGAN

a. Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin dianggap 50% (karena hambatan gesek dan kurang tepatnya air membentur sudu turbin). Efisiensi yang lebih akan diperoleh dari eksperimen dengan jumlah sudu yang berbeda dan nozzle yang berbeda pula. Losses (berkurangnya) air pada turbin telah diketahui ; diperkirakan bahwa kurang lebih 8 persen air tidak pernah tersentuh kincir. Sedikit perubahan pada desain akan sangat mengurngi losses ini dan sehingga menambah efisiensinya. Keuntunganya adalah konstruksisnya sederhana dan ekonomis.

b. Momen Puntir Turbin

Momen puntir runner : 50 % x 22,098 Nm

: 11,049 Nm.

Momen puntir runner yang masih tersedia:

= (momen puntir runner) - (momen puntir tahanan)

= 11,049-3,75

= 7.299 Nm

Jadi momen puntir yang masih dimiliki runner = 7.299 Nm

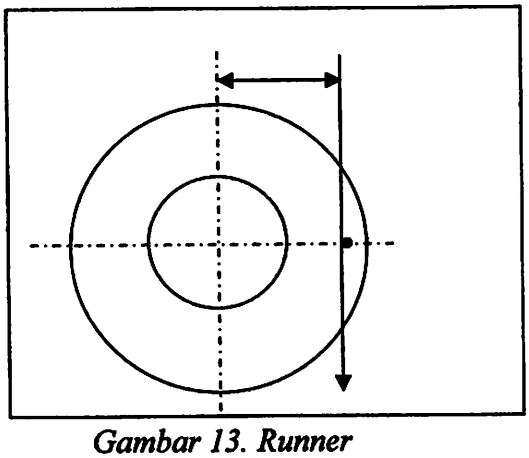
c. Gaya pada sudu runner atau turbin

Gaya yang masih tersedia pada sudu runner atau turbin :

$$M = F . r$$

$$F = \frac{M}{r} \leftrightarrow \frac{7,299}{0,1524}$$

$$F = 47,894 \text{ N}$$



Gambar 13. Runner

d. Daya yang dihasilkan

Daya yang dihasilkan oleh turbin mikro hydro :

P = V . I

= 12 . 2

= 24 Watt

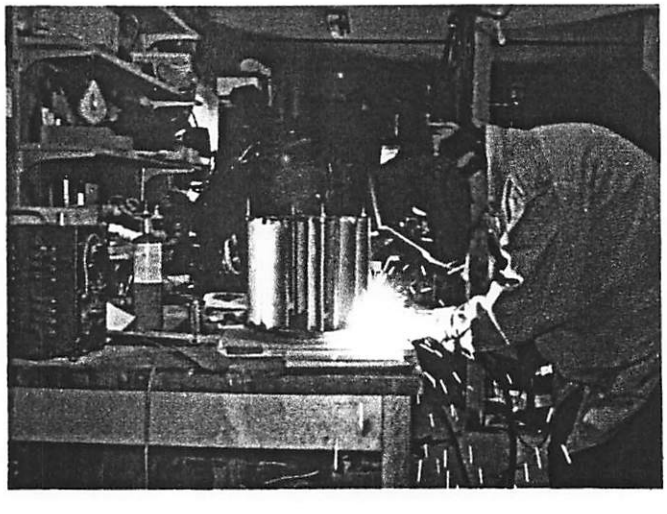
Jadi Daya yang dihasilkan sebesar : 24 Watt

BAB IV

PROSES PEMBUATAN

4.1 Pembuatan Sudu

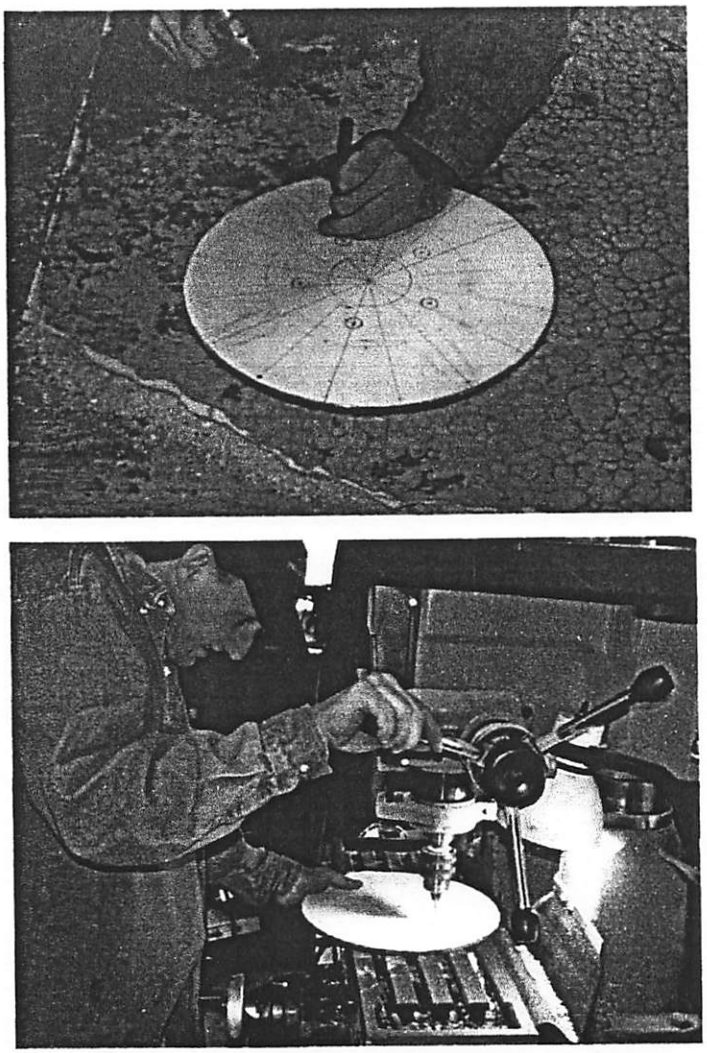
Sudu-sudu tersebut dibuat menggunakan pipa besi berdiameter 4" dan dipotong dengan panjang 10" kemudian pipa dibelah menjadi empat bagian. Pemotongan pipa utuh dengan menggunakan gergaji besi agar permukaan potongan rata, pembelahan pipa dilakukan juga dengan gergaji besi atau sirkel agar hasil pemotongan menjadi lebih presisi.



Gambar 14. Pembuatan Sudu

4.2 Pembuatan roda atau blade kincir

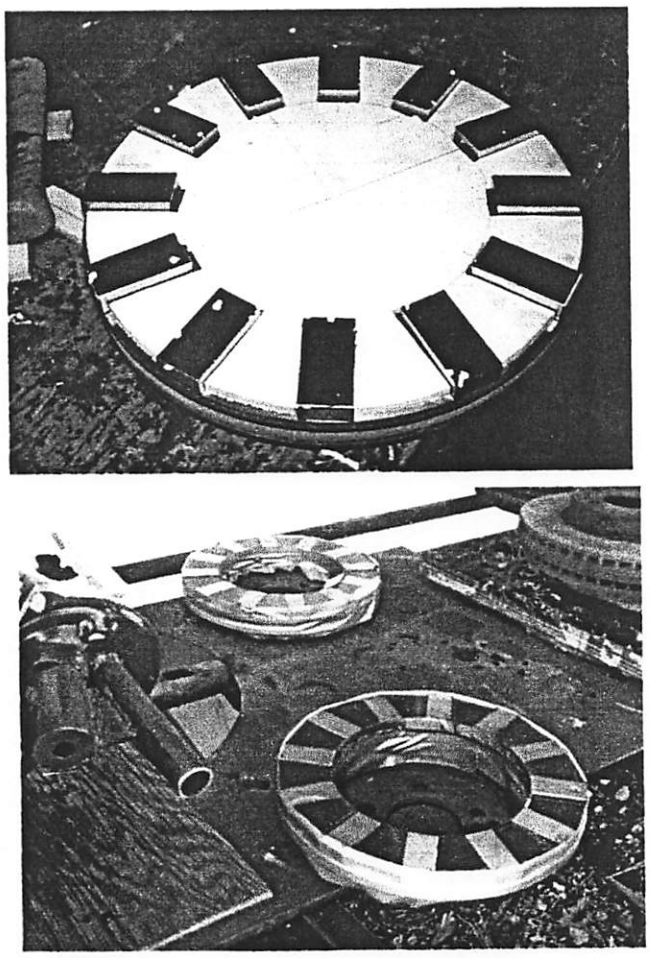
Blade terbuat dari plat besi yang tebalnya 3 mm dan mempunyai diameter 12". Disini kita menggunakan plat yang tipis untuk mengurangi beban yang ditimbulkan. Plat tersebut dipotong menggunakan blander dan kemudian sisi-sisinya diratakan menggunakan mesin gerinda. Kemudian kita bagi lingkaran tersebut menjadi 5 bagian. Masing-masing bagian mempunyai perbedaan sudut 72°, kelima titik tersebut kita buat lubang untuk tempat ulir.



Gambar 15. Pembuatan Roda atau Blade Kincir

4.3 Pembuatan Roda Magnet

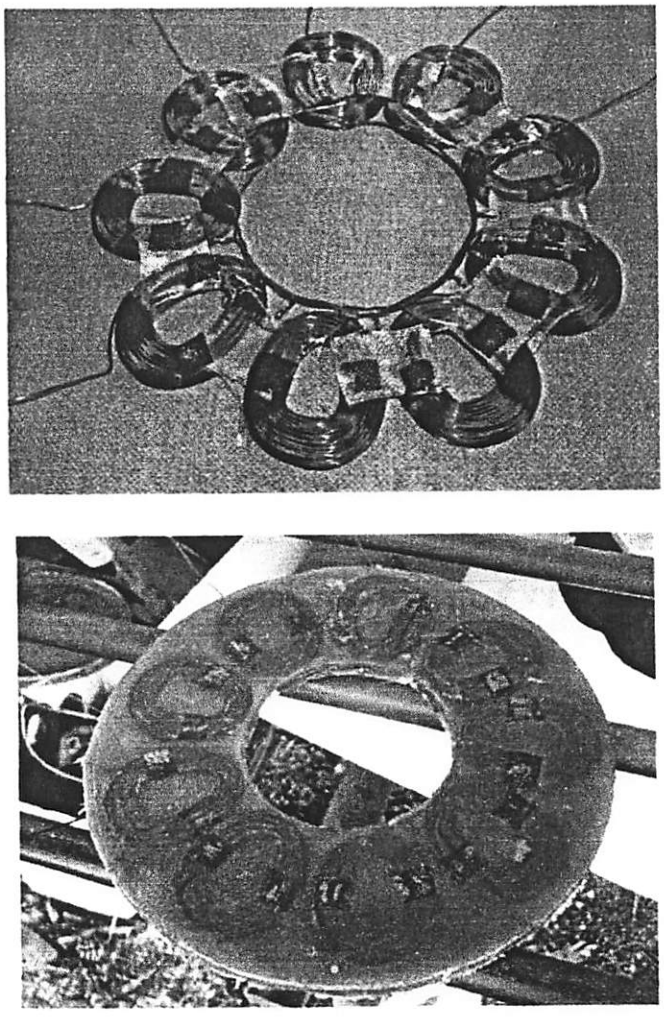
Roda magnet disini menggunakan bahan dari plat besi 3 mm atau 5 mm dan mempunyai diameter 11". Plat tersebut dipotong menggunakan blander dan kemudian sisinya diratakan menggunakan gerinda. Kemudian kita bagi lingkaran plat tersebut menjadi 12 bagian, kita membuat dua plat lingkaran untuk tempat magnet. Terdapat 12 magnet di dalam tiap rotornya dan dicor dengan menggunakan resin. Magnet-magnet tersebut memiliki ketebalan 1"x 2"x $^1/_2$" dan memiliki kekuatan medan magnet 1,5 Tesla.



Gambar 16. Pembuatan Roda Magnet

4.4 Pembuatan Angker (kumparan)

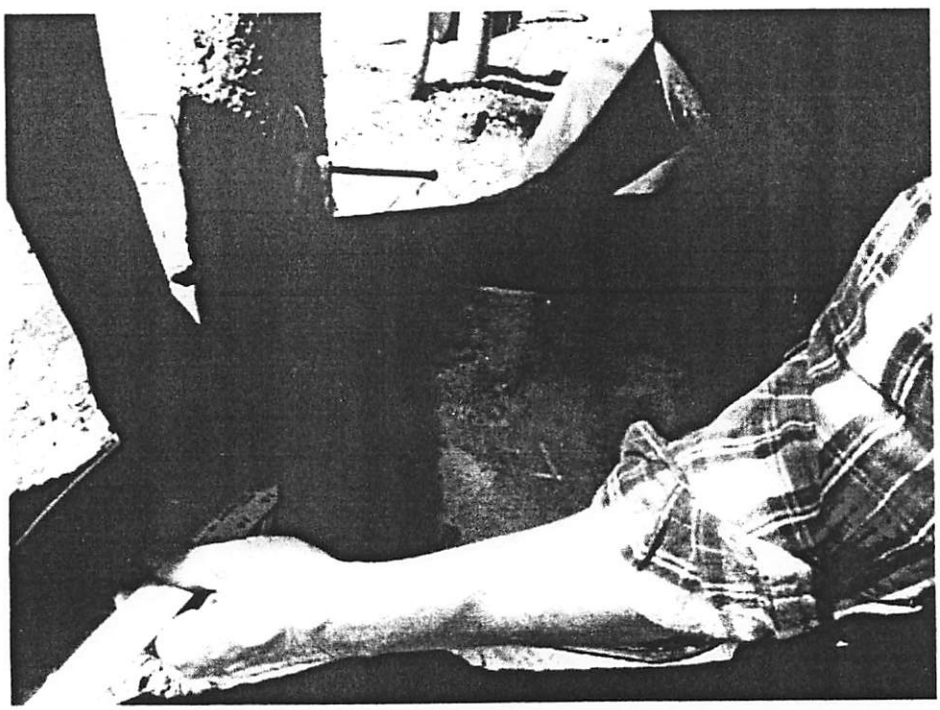
Kumparan terdiri dari lilitan kawat email yang digulung sebanyak 717,6 lilitan tiap spoel. Jumlah spoel dalam satu sistem generator adalah 9. generator ini mengahsilkan listrik AC 3 fasa. Sehingga setiap 3 spoel dihubungakan secara seri. Spoel disatukan dengan menggunakan resin dan di bentuk menjadi sebuah lingkaran yang mempunyai diameter 14".



Gambar 17. Pembuatan Angker atau Kumparan

4.5 Pembuatan Nozzle

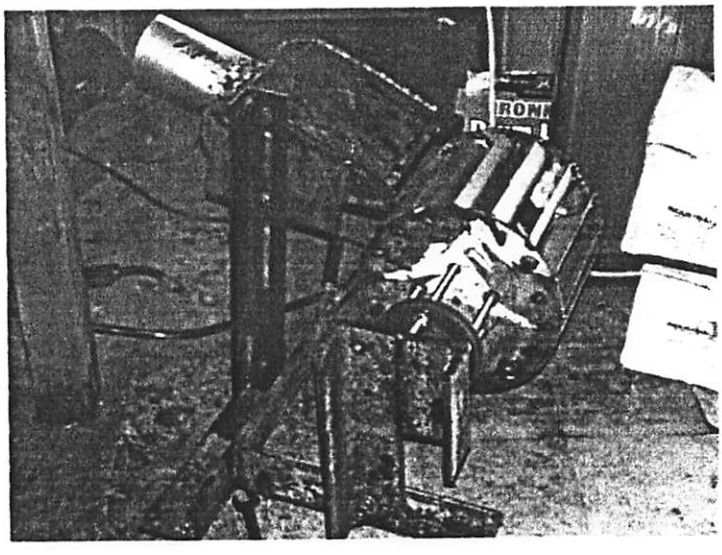
Nozle terbuat dari plat tipis yang ditekuk seperti baji. Nozle tersebut mempunyai tinggi belakang 4" atau sama dengan diameter pipa. ujung nozle mempunyai lebar 25,4 cm dan tinggi 3,92 cm.

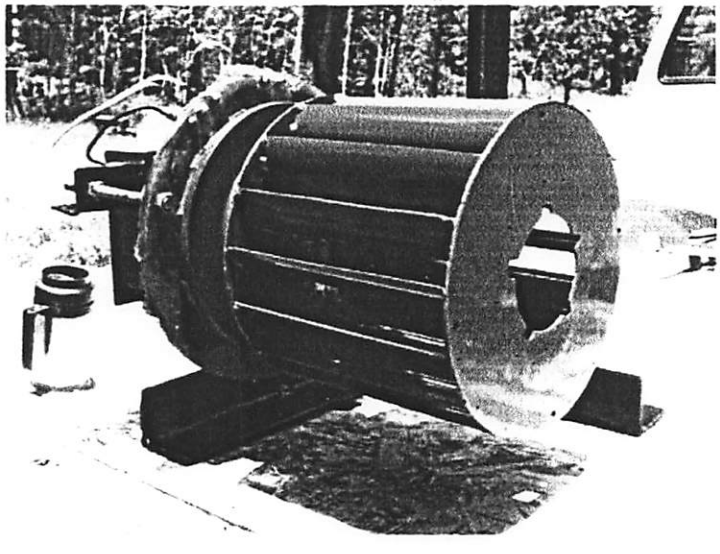


Gambar 18. Pembuatan Nozzle

4.6 Rangkaian Micro Hydro

Setelah itu bagian-bagian tersebut dirangkai menjadi satu.





Gambar 19. Rangkaian Micro Hydro

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pemasangan sudu yang tepat dapat meningkatkan reduksi sudu terhadap gaya yang dimiliki air, sehingga akan meningkatkan efisiensi turbin. Pemasangan sudu dilakukan dengan bantuan pengeboran salah satu sisi runner guna mempermudah pengaturan sudut sudu.

Hubungan antara kincir dengan roda magnet dengan menggunakan ulir berjumlah 5 batang, poros hanya terdapat pada pangkal blade magnet.

Magnet berjumlah 12 pasang batang dipasang berdampingan sehingga jumlah total magnet adalah 24 batang yang dipasang saling berbeda kutub sehingga akan menghasilkan gaya gerak magnet yang dipergunakan untuk memotong spoel.

Spoel berjumlah 9 yang dipasang seri setiap 3 spoel dan dikoneksikan secara delta ataupun bintang, dalam prektek pemasangan formasi bintang akan menghasilkan ggl yang lebih besar apabila ditempatkan didalam gaya gerak magnet yang lebih rapat.

Spoel dirangkai dan di cor dengan menggunakan resin sehingga akan menghasilkan lempengan setebal 0,5".

Pada putaran 100 rpm akan menghasilkan listrik DC sebesar 12V, 2A jadi daya yang dapat dihasilkan adalah 24W. Tinggi Head air yang hams dicapai adalah 3 Yard. Yang dialirkan melalui pipa 4".

5.2 Saran - Saran

- Pemasangan sudu lebih baik bila menggunakan mal dari kertas sehingga pemasangan lebih tepat.
- Pengaplikasian nozzel sebaiknya disertai mekanisme pengubah sudut sehingga arah air dapat diatur pada gaya yang terbesar.

DAFTAR PUSTAKA

Aris Munandar, Wiranto. 1982. *Penggerak awal turbin.* Penerbit ITB Bandung

BROWN, J.G. *Hydro Elektrik Enginnering Practice*, Vols. I, II and III, Blackie and Son Ltd., London, 1958

BUTLER, S.S.1959. *Enginnering Hydrology*, Prentice-Hall Inc., N.J.

CREAGER, W.P. dan JUSTIN, J.D.1963. *Hydro Elektrik Handbook*, New York; John Willey and Son, Inc.,

DANDEKAR, M.M. ; SARMA, K.N. 1979. *Pembangkit listrik tenaga air.* Jakarta : PN Universitas Indonesia

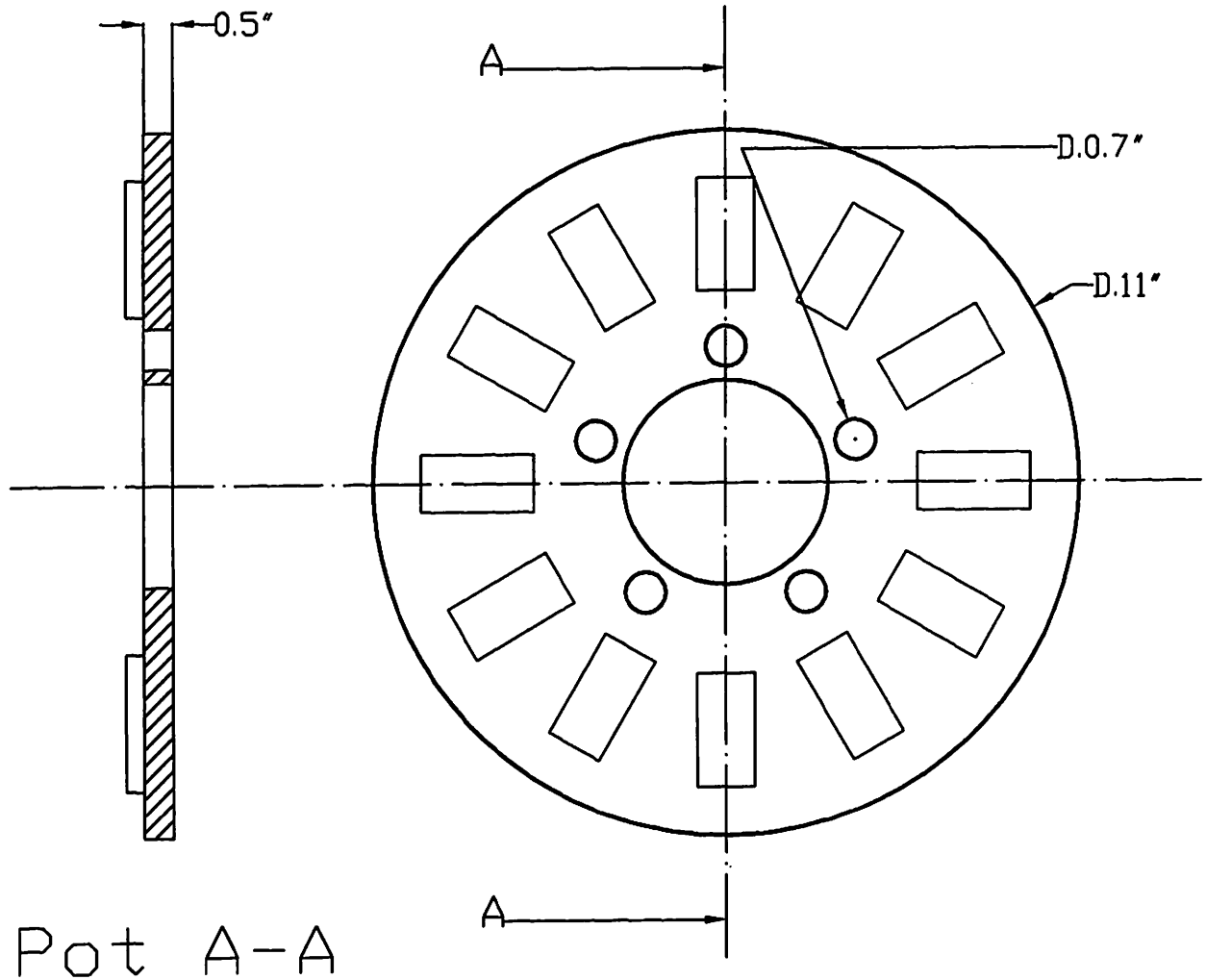
Hydro Power In Power Sistem Development,"Editorial, WPDC**, Nov., 1965

Kadir, Abdul. 1996. *Pembangkit Tenaga Listrik.* Jakarta : PN Universitas Indonesia

M. Hirt, Ing. *Design dan kalkulasi dari sambungan, Bantalan dan Poros.*

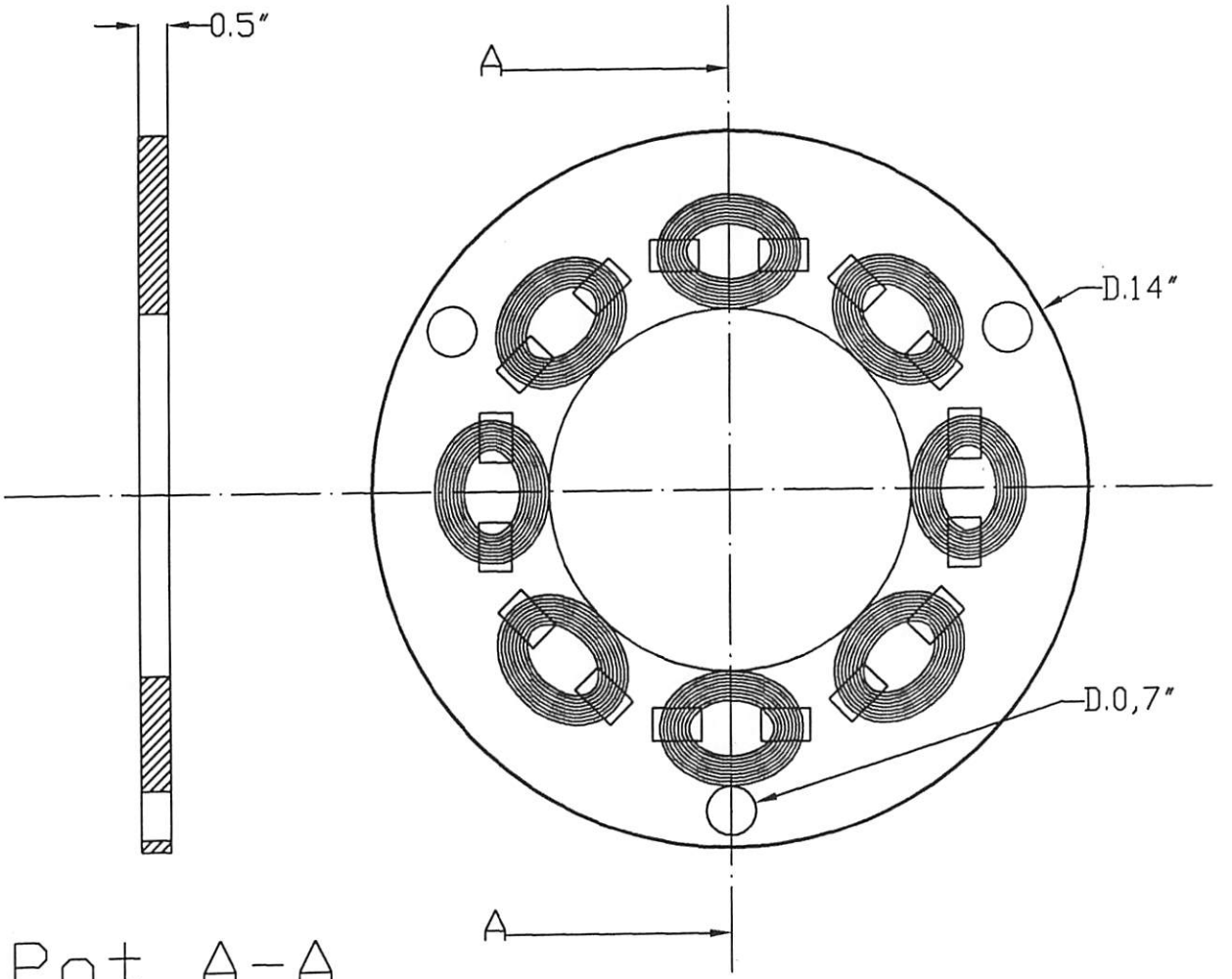
Suga, kiyokatsu ; Sularso. *Dasar perancangan dan pemilihan elemen mesin*

LAMPIRAN



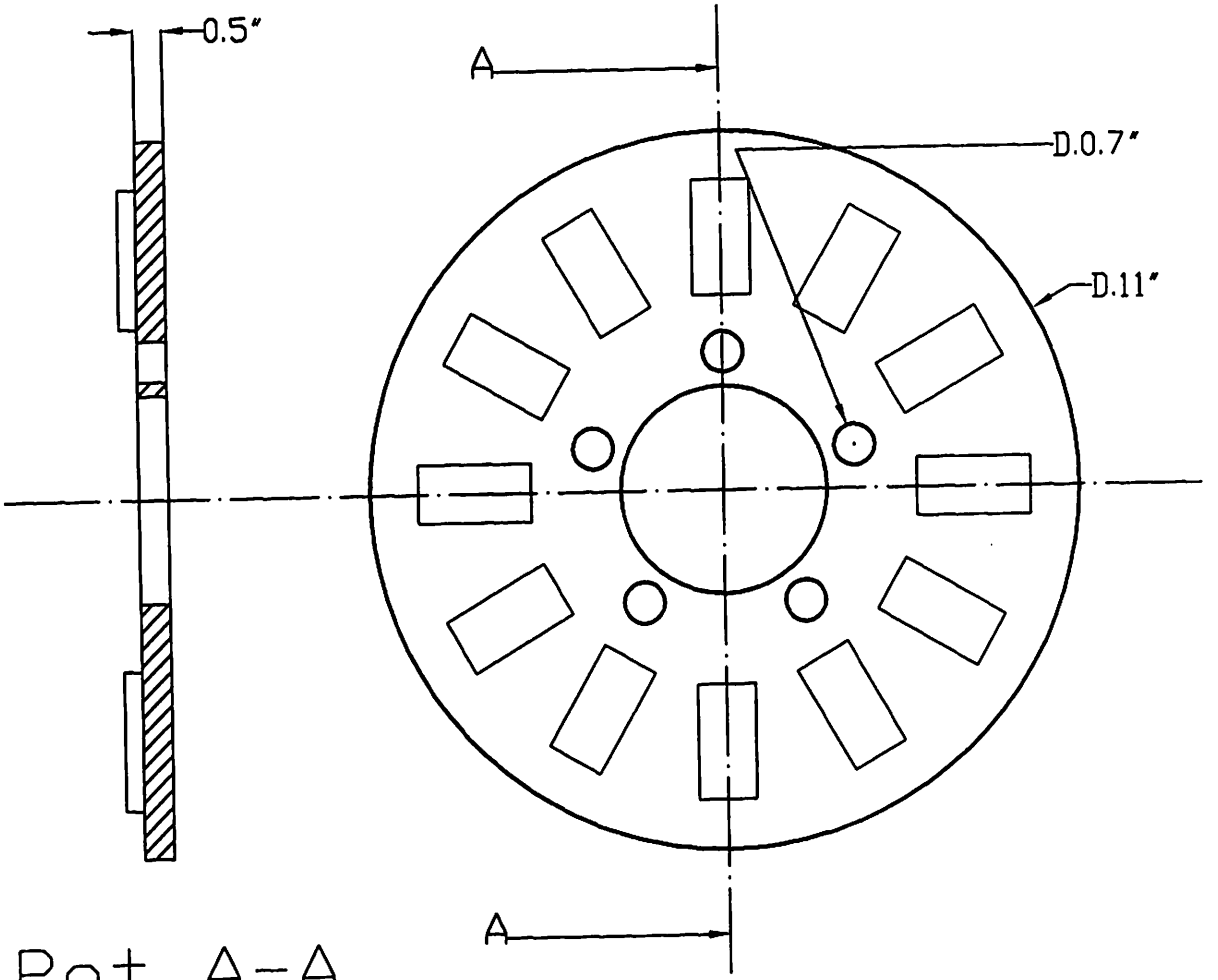
Pot A-A

1	2	BLADE MAGNET	S-45-C		
NO	Jml	NAMA-NAMA	BAHAN	STANDAR	
		Skala : 1 : 10	Nama : Muhammad Soim H		
		Sat : inch	Nim : 00 51 332		
		Tgl : 24 feb 2006	Dosen : Sibut,ST		
I T N		BLADE MAGNET			A4



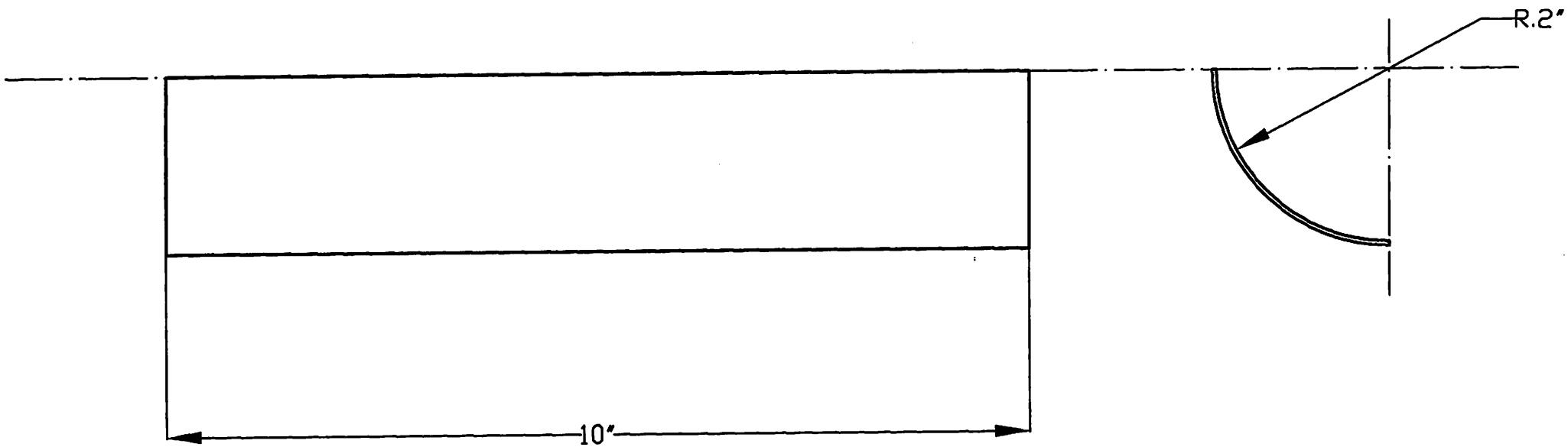
Pot A-A

1	1	COIL	Kawat email	# 14	
NO	Jml	NAMA-NAMA	BAHAN	STANDAR	
		Skala : 1 : 10	Nama : Muhammad Soim H		
		Sat : inch	Nim : 00 51 332		
		Tgl : 24 feb 2006	Dosen : Sibut,ST		
I T N		COIL			A4



Pot A-A

1	2	BLADE MAGNET	S-45-C		
NO	Jml	NAMA-NAMA	BAHAN	STANDAR	
		Skala : 1 : 10	Nama : Muhammad Soim H		
		Sat : inch	Nim : 00 51 332		
		Tgl : 24 feb 2006	Dosen : Sibut,ST		
I T N		BLADE MAGNET			A4



1	16	SUDU	S-45-C	Pipa	
NO	Jml	NAMA-NAMA	BAHAN	STANDAR	
		Skala : 1 : 10	Nama : Muhammad Soim H		
		Sat : inch	Nim : 00 51 332		
		Tgl : 24 feb 2006	Dosen : Sibut,ST		
I T N		SUDU TURBIN			A4