

PEMBANGKIT LISTRIK METODE *PUMP AS TURBINES* (PATs)

Asep Rachmat, Ali Hamdani

Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Majalengka

Email: asepl8rachmat75@gmail.com

ABSTRACT

Pump As Turbines (PATs) merupakan inovasi tepat guna yang dapat mengubah pompa sentrifugal menjadi turbin yang menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja dasar dari *Pump As Turbines* (PATs) adalah kebalikan dari kerja pompa yang biasanya pompa digunakan untuk mengalirkan air dari dataran rendah ke dataran tinggi sedangkan di *Pump As Turbines* (PATs) air dari dataran tinggi masuk ke *output* pompa dan keluar dari *input* pompa sehingga pompa menghasilkan putaran untuk menggerakkan generator, yang selanjutnya dapat dijadikan suatu alternatif yang dapat dikembangkan dalam memecahkan masalah. *Pump As Turbines* (PATs) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti sumber air atau saluran air dengan cara memanfaatkan ketinggian air (*head*) dan jumlah debit air (Q). Pada *Pump As Turbines* (PATs) prinsip kerja pompa dibalik menjadi mesin tenaga yang mengkonversikan energi potensial menjadi energi kinetik, karena pompa digunakan sebagai pengganti turbin air. Salah satu persyaratan pada *Pump As Turbines* (PATs) adalah adanya sumber air atau air terjun yang mengalir sepanjang tahun, Kabupaten Majalengka Jawa Barat sebagai salah satu wilayah yang mempunyai potensi sumber air yang bisa dimanfaatkan untuk pembangunan pembangkit listrik *Pump As Turbines* (PATs).

Kata Kunci : *Pump As Turbines* (PATs), *software SolidWork*

I. PENDAHULUAN

Konsumsi listrik di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya sejalan dengan peningkatan penduduk dan ekonomi nasional, semakin tinggi daya beli dan konsumsi publik maka semakin tinggi pula tingkat penggunaan listriknya. Data diperoleh dari statistik PLN 2013 (<http://pln.co.id>), dengan meningkatnya penduduk maka energi listrik yang diperlukan akan meningkat. Salah satu alternatif bagaimana menghasilkan energi listrik dengan menggunakan *Pump As Turbines* (PATs).

Pump As Turbines (PATs) merupakan inovasi tepat guna yang dapat mengubah pompa sentrifugal menjadi turbin yang menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja dasar dari *Pump As Turbines* (PATs) adalah kebalikan dari kerja pompa yang biasanya pompa digunakan untuk mengalirkan air dari dataran rendah ke dataran tinggi sedangkan di *Pump As Turbines* (PATs) air dari dataran tinggi masuk ke *output* pompa dan keluar dari *input* pompa sehingga pompa menghasilkan putaran untuk menggerakkan generator, yang selanjutnya dapat dijadikan suatu alternatif yang dapat dikembangkan dalam memecahkan masalah. *Pump As Turbines* (PATs) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti sumber air

atau saluran air dengan cara memanfaatkan ketinggian air (*head*) dan jumlah debit air (Q). Pada *Pump As Turbines* (PATs) prinsip kerja pompa dibalik menjadi mesin tenaga yang mengkonversikan energi potensial menjadi energi kinetik, karena pompa digunakan sebagai pengganti turbin air. Pada instalasinya penggunaan pompa sebagai turbin lebih praktis, murah, mudah didapatkan di pasaran dan mudah dalam perawatannya.

Salah satu persyaratan pada *Pump As Turbines* (PATs) adalah adanya sumber air atau air terjun yang mengalir sepanjang tahun, Kabupaten Majalengka Jawa Barat sebagai salah satu wilayah yang mempunyai potensi sumber air yang bisa dimanfaatkan untuk pembangunan pembangkit listrik *Pump As Turbines* (PATs). Dari uraian latar belakang di atas maka dibuat pembangkit listrik yang efektif dan efisien sebagai bahan penelitian dengan menggunakan pembangkit listrik metode *Pump As Turbines* (PATs).

Adapun rumusan masalah dalam perancangan *Pump As Turbines* (PATs) ini sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain/merancang *Pump As Turbines* (PATs) yang akan dibuat?

2. Bagaimana memilih material yang digunakan dalam perancangan dan faktor keamanan dari *Pump As Turbines* (PATs)?
3. Bagaimana menentukan kapasitas pompa dan laju aliran yang sesuai dengan desain turbin?

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui jenis material yang akan dipilih untuk pembuatan rangka *Pump As Turbines* (PATs).
2. Menghasilkan konstruksi *Pump As Turbines* (PATs) yang sederhana dan mudah di oprasikan.
3. Mengetahui pompa sentrifugal seperti apa yang layak digunakan untuk dijadikan sebagai turbin.
4. Mengetahui berapa tekanan air yang harus digunakan untuk memutar kan sudu-sudu yang ada di dalam pompa sentrifugal tersebut.

1.2 Landasan Teori

A. Pengertian perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari satu rangkaian dari pembuatan produk. Tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain yang menyusulnya. Sebelum sebuah produk dibuat terlebih dahulu dilakukan proses perancangan yang nantinya menghasilkan sebuah gambar *skets* atau gambar sederhana dari produk yang akan dibuat kemudian digambar kembali dengan aturan gambar sehingga dapat dimengerti oleh semua orang yang ikut terlibat dalam proses pembuatan produk tersebut.

Sumber (Dharmawan, 1999 : 1).

B. Tegangan (σ)

Tegangan (*stress*) secara sederhana dapat didefinisikan sebagai gaya persatuan luas penampang.

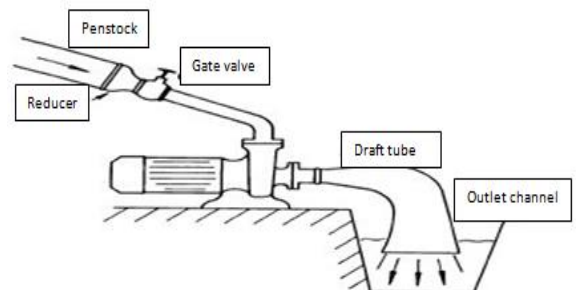
$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2 \text{)} \dots\dots\dots(1)$$

F= Gaya (N) A= Luas penampang (mm²)

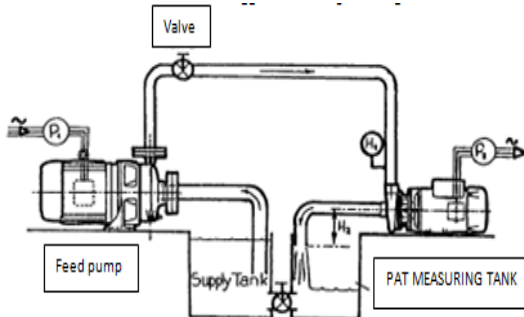
Sumber: (Agustinus Purna Irawan, 2009)

C. Pengertian Absensi

Secara teknis *Pump As Turbines* (PATs) memiliki 3 komponen utama yaitu Air (sumber energi), turbin air (pada penelitian ini menggunakan Pompa Sentrifugal sebagai turbin) dan generator. *Pump As Turbines* (PATs) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerakannya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan dan jumlah debit air. Air dialirkan (dijatuhkan) melalui sebuah pipa ke dalam pompa untuk menggerakkan *impeller* yang ada di dalam pompa tersebut, energi mekanik yang berasal dari putaran *impeller* pompa akan diteruskan dan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator. Salah satu alternatif yang ekonomis untuk membangun pembangkit listrik tenaga air skala kecil adalah dengan menggunakan pompa sebagai turbin. Bidang ilmu yang khusus mengoperasikan pompa sebagai turbin ini sering disebut dengan istilah *Pump As Turbines*, jarang yang tahu bahwa beberapa tipe pompa air dapat di aflikasikan sebagai turbin air, biasanya pompa digerakkan oleh motor listrik untuk menaikkan sejumlah air sampai ketinggian tertentu. Pada aflikasi pompa sebagai turbin prinsip kerja pompa di balik yaitu diberi jatuhan air dari ketinggian tertentu untuk memutar *impeller* pompa, putaran *impeller* ini akan diteruskan untuk memutar generator sehingga dihasilkan tenaga listrik.



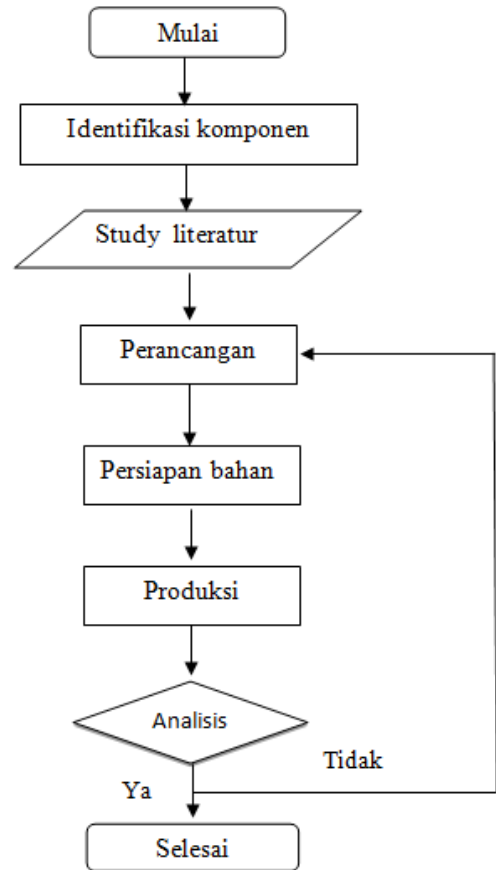
Gambar 1.1 Instalasi Penggunaan Pompa Sebagai Turbin dengan ketinggian. Sumber: (Arthur Williams .1995).



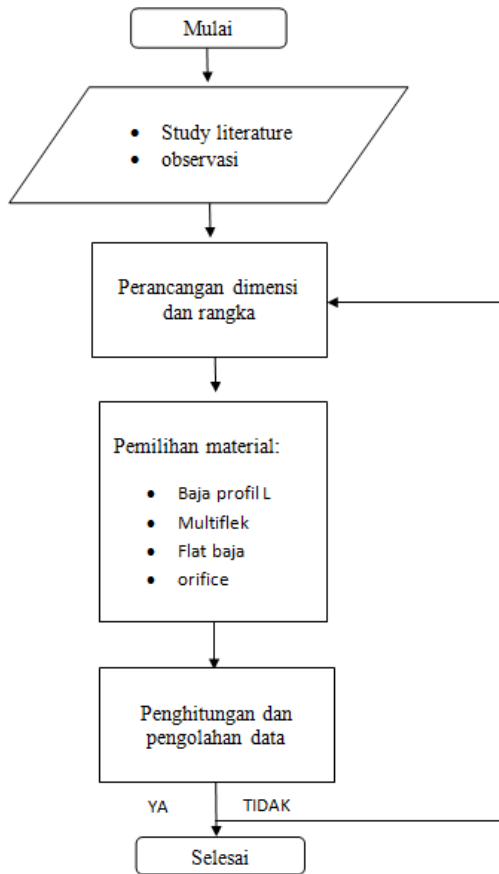
Gambar 1.2 Instalasi Penggunaan Pompa Sebagai Turbin dengan menggunakan tekanan pompa. Sumber: (Arthur Williams .1995)

II. METODE PENELITIAN

Diagram alir dibawah ini menjelaskan diagram alir Penelitian secara keseluruhan dari dilakukan perancangan, pembuatan dan analisis.



Gambar 2.1 Tahapan-tahapan Penelitian



Gambar 2.2 Diagram Alir Perancangan *Pump As Turbines*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Bahan- Bahan dan alat Yang Digunakan

A. Pompa PAT

Pompa sentrifugal yang dijadikan tubin untuk menggerakan generator berukuran *in let* dan *out let* berukuran 3 *inch*, model : SU-80, kecepatan 3600 *rpm* dan *total head* 36m, dengan berat 14 kg. Dengan keadaan sudu – sudu original. Berikut tabel 3.1 spesifikasi pompa sentrifugal yang dihunakan dalam perancangan *Pump As Turbines* (PATs).

Tabel 1.1 Spesifikasi pompa sentrifugal

MODEL	SU-80
CONNECTION DIA	80 mm
DELIVERY VOLUME	40 m ³ /h
TOTAL HEAD	36 m
POWER SPEED	3600 rpm

Sumber: Nama plate pompa sentrifugal

B. Pompa sentrifugal engine

Pompa sentrifugal engine yang digerakan oleh motor berbahan bakar bensin

berukuran 3 *inch*, model : lokomoto, kecepatan 3600 *rpm*, dan *total head* 25m, dengan berat 24 kg. Pompa sentrifugal engine dalam alat *Pump As Turbines* (PATs) digunakan untuk menggantikan ketinggian menjadi tekanan yang di butuhkan. Berikut tabel 3.2 spesifikasi pompa engine yang digunakan dalam rancangan *Pump As Turbines* (PATs).

Tabel 1.2 Spesifikasi pompa engine

DISPLACEMENT	48 m ³ /h
LIFT	25 m
POWER SPEED	3600 rpm
AUTO-SUCTION HIGT	5 m
AUTO-SUCTION TIME	2.5 min
NET WEIGHT	30 kg

Sumber: Nama plate pompa irigasi

C. Multiflek yang digunakan dalam perancangan *Pump As Turbines* (PATs) yaitu dengan spesifikasinya sebagai berikut:

Tabel 1.3 Spesifikasi multiflek

Panjang total	190 cm
Tebal total	0.90 cm
Tinggi total	220 cm
Berat total	14 Kg

D. Untuk rangka *Pump As Turbines* (PATs) menggunakan Baja profil L dengan spesifikasinya sebagai berikut:

Tabel 1.4 Spesifikasi baja profil L

Panjang	6 m
Lebar x tinggi	40 mm x 40 mm
Tebal plat	3 mm
Berat	2,15 Kg/m

E. Pipa yang digunakan yaitu Pipa *pvc* berukuran 3 *inchi*.

F. Untuk mengetahui laju aliran dalam pipa digunakan *Orifice* dan *Manometer U*.

G. Untuk mengetahui tekanan dalam pipa digunakan *Pressure gauge*.

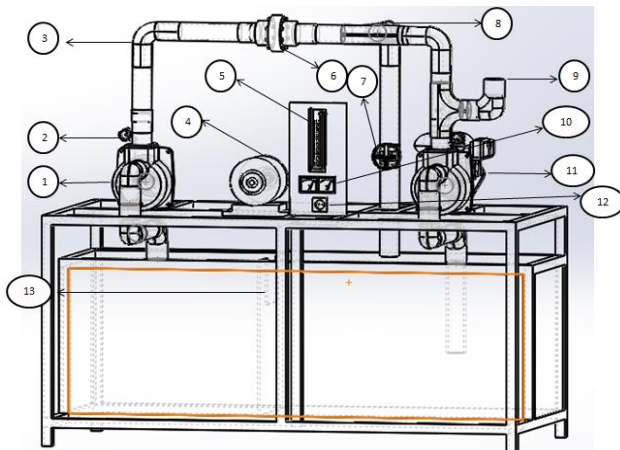
H. Untuk mengetahui aliran listrik yang di hasilkan maka digunakan *Watt meter*.

I. *Stop* kontak digunakan untuk aliran listrik *output* dari *Pump As Turbine* (PATs)

J. *Infenter* digunakan untuk mengubah aliran dc ke ac dari generator yang digunakan *Pump As Turbine* (PATs)

Gambar 1.4 *Pump As Turbines (PATs)*

2.2 Rancangan Sistem



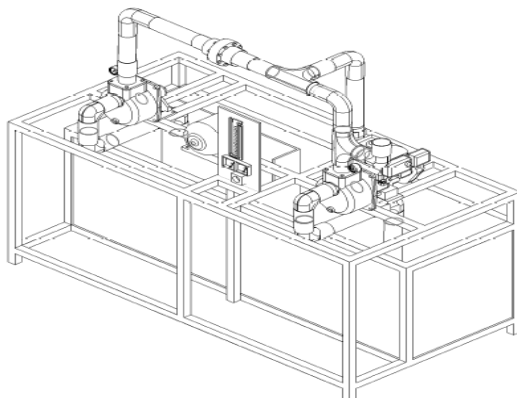
Gambar 1.3 Bagian-Bagian *Pump As Turbine (PATs)*

Keterangan :

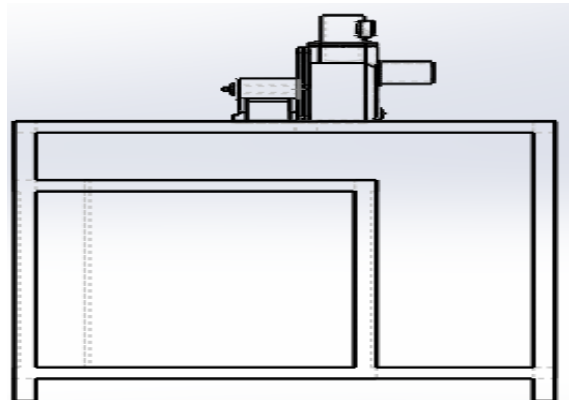
1. Pompa sentrifugal yang dijadikan turbin.
2. *Pressure gauge* .
3. Sambungan pipa L.
4. Generator.
5. Manometer U.
6. *Orifice*.
7. Katup.
8. Sambungan pipa T.
9. Penutup saluran pipa.
10. Volt meter dan watt meter.
11. Pompa sentrifugal.
12. Stop kontak listrik.
13. *Weir meter*.
14. Rangka.

2.3 Menentukan Titik Berat Kontruksi

Menentukan titik berat kontruksi sangat diperlukan untuk keseimbangan kaki-kaki kontruksi dalam menerima beban sehingga tidak menimbulkan kemiringan dari kontruksi.



2.4 Menentukan Letak Pompa Yang Dijadikan Turbin Pada Rangka Di Hitung Dari Bagian Samping Rangka



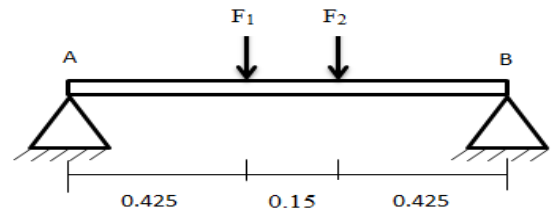
Gambar 1.5 pompa PAT dari samping

Diketahui :

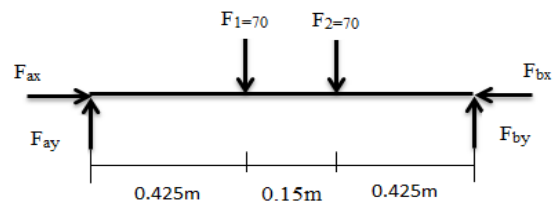
Berat pompa= 14 kg / 140N

Panjang baja profil L = 100 cm / 1m

1. Diagram benda bebas beban titik/memusat



2. Diagram benda bebas reaksi tumpuan



Penyelesaian :

$$\sum F_{x,y} = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{ax} - F_{bx} = 0$$

$$F_{ax} = F_{bx}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ay} - F_1 - F_2 + F_{By} = 0$$

$$F_{ay} - 70N - 70N + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} - 140N + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} + F_{by} = 140N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M = F \cdot d$$

$$- F_1 \cdot 0.425m - F_2 \cdot 0.575m + F_{by} \cdot 1m = 0$$

$$- 29.75m - 40.25m + F_{by} \cdot 1m = 0$$

$$- 70N + F_{by} = 1m$$

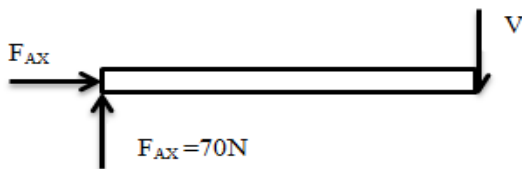
$$F_{by} \cdot 1m = \frac{70 Nm}{1m} = 70 N$$

$$F_{ay} + F_{by} = 140N$$

$$F_{ay} + 70N = 140N$$

$$F_{ay} = 140N - 70N = 70N$$

3. Diagram gaya lintang

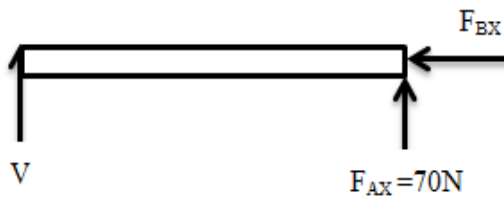


$$\sum F_Y = 0$$

$$F_{AY} - V = 0$$

$$V = F_{AY}$$

$$= 70 N$$

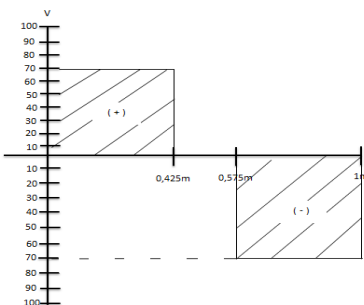


$$\sum F_Y = 0$$

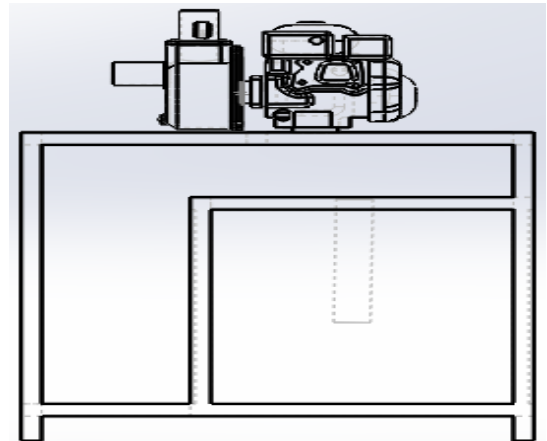
$$V + F_{BY} = 0$$

$$V = F_{BY}$$

$$= - 70 N$$



2.5 Menentukan Letak Pompa sentrifugal Pada Rangka Di Hitung Dari Bagian Samping Rangka



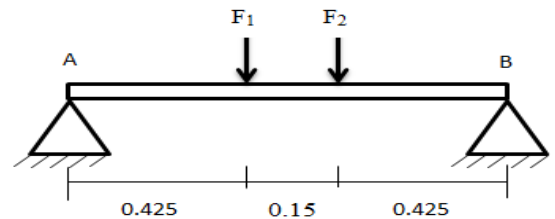
Gambar 1.6 pompa sentrifugal engine dari samping

Diketahui :

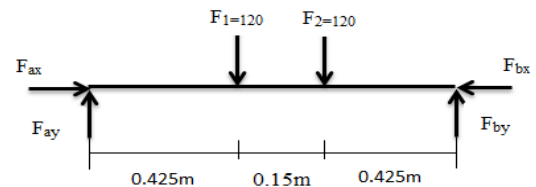
Berat pompa sentrifugal= 24 kg / 240N

Panjang batang baja rprofil L= 100 cm / 1m

1. Diagram benda bebas beban terpusat



2. Diagram benda bebas reaksi tumpuan



Penyelesaian :

$$\sum F_{x,y} = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{ax} - F_{bx} = 0$$

$$F_{ax} = F_{bx}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ay} - F_1 - F_2 + F_{By} = 0$$

$$F_{ay} - 120N - 120N + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} - 240N + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} + F_{by} = 240N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M = F \cdot d$$

$$- F_1 \cdot 0.425m - F_2 \cdot 0.575m + F_{by} \cdot 1m = 0$$

$$- 51m - 69m + F_{by} \cdot 1m = 0$$

$$- 120N + F_{by} = 1m$$

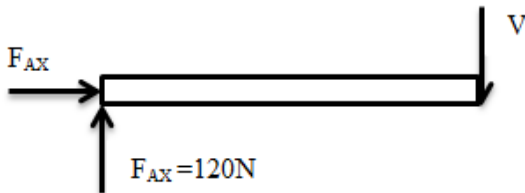
$$F_{by} \cdot 1m = \frac{120 Nm}{1m} = 120 N$$

$$F_{ay} + F_{by} = 240N$$

$$F_{ay} + 120N = 240N$$

$$F_{ay} = 240N - 120N = 120N$$

3. Diagram gaya lintang

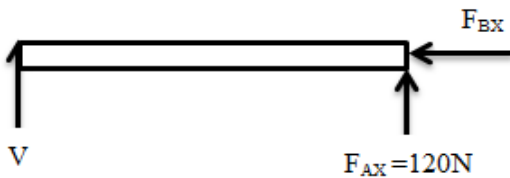


$$\sum F_Y = 0$$

$$F_{Ay} - V = 0$$

$$V = F_{Ay}$$

$$= 120N$$

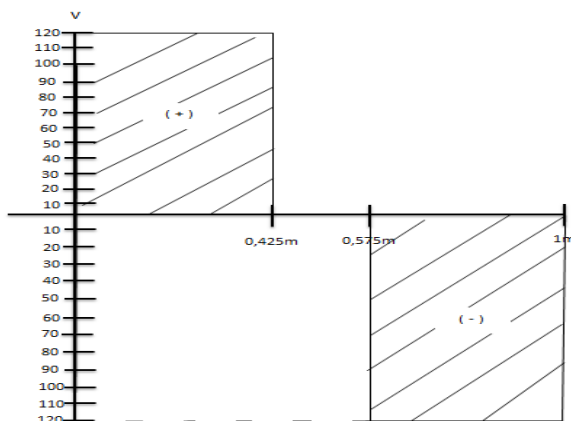


$$\sum F_Y = 0$$

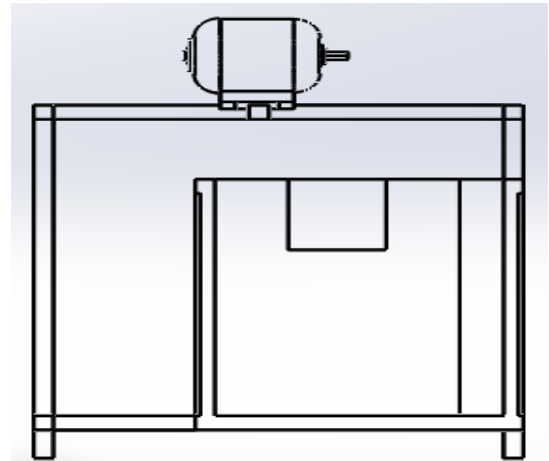
$$V + F_{BY} = 0$$

$$V = F_{BY}$$

$$= - 120N$$



2.6 Menentukan Letak generator Pada Rangka Di Hitung Dari Bagian Samping Rangka



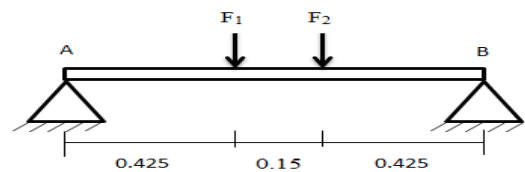
Gambar 1.7 generator delta dari samping

Diketahui :

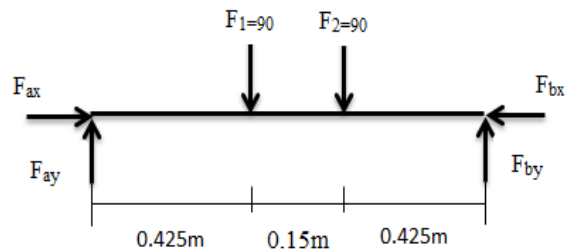
Berat pompa sentrifugal = 18 kg /180N

Panjang batang baja rprofil L = 100 cm / 1m

1. Diagram benda bebas beban terpusat



2. Diagram benda bebas reaksi tumpuan



Penyelesaian :

$$\sum F_{x,y} = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{ax} - F_{bx} = 0$$

$$F_{ax} = F_{bx}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ay} - F_1 - F_2 + F_{By} = 0$$

$$F_{ay} - 90N - 90N + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} - 180N + F_{by} = 0$$

$$F_{ay} + F_{by} = 180N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M = F \cdot d$$

$$- F_1 \cdot 0.425m - F_2 \cdot 0.575m + F_{by} \cdot 1m = 0$$

$$- 38.25m - 51.75m + F_{by} \cdot 1m = 0$$

$$- 90N + F_{by} = 1m$$

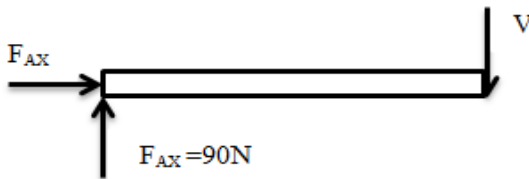
$$F_{by} \cdot 1m = \frac{90 \text{ Nm}}{1m} = 90 \text{ N}$$

$$F_{ay} + F_{by} = 180N$$

$$F_{ay} + 90N = 180N$$

$$F_{ay} = 180N - 90N = 90N$$

3. Diagram gaya lintang

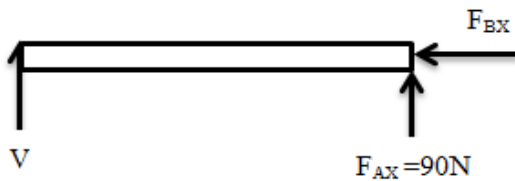


$$\sum F_Y = 0$$

$$F_{AY} - V = 0$$

$$V = F_{AY}$$

$$= 90N$$

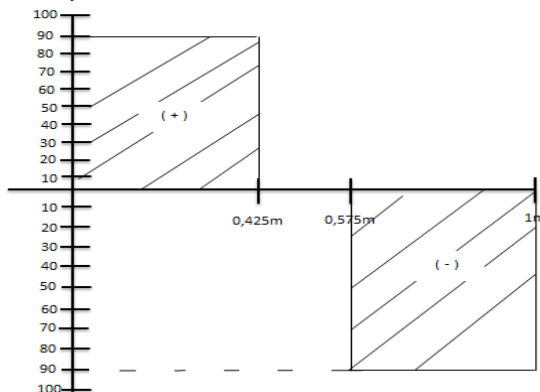


$$\sum F_Y = 0$$

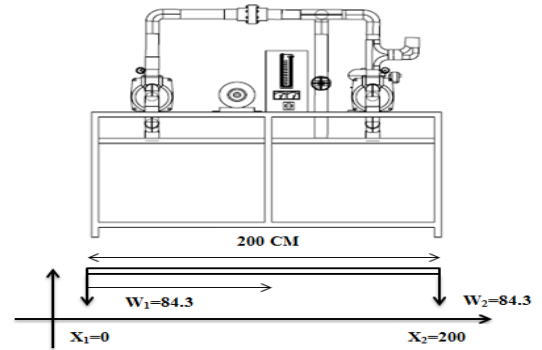
$$V + F_{BY} = 0$$

$$V = F_{BY}$$

$$= -90N$$



2.7 Menentukan Titik Berat Kontruksi Pump As Turbines



$$X_{\text{titik berat}} = \frac{\sum w_i \cdot X_i}{\sum w_i}$$

$$= \frac{w_1 \cdot X_1 + w_2 \cdot X_2}{w_1 + w_2}$$

$$= \frac{84,3 \cdot 0 + 84,3 \cdot 200}{84,3 + 84,3}$$

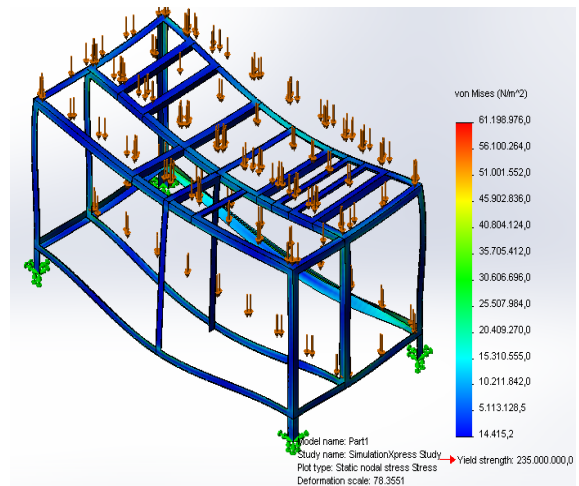
$$= \frac{0 + 16,860}{168,6}$$

$$= 100 \text{ cm}$$

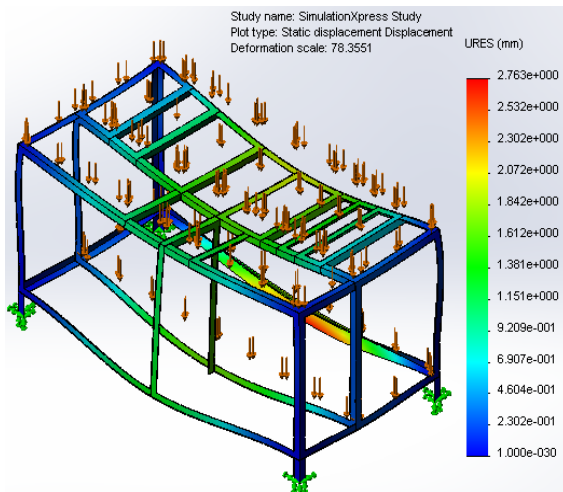
2.8 Menghitung faktor keamanan dari kontruksi Pump As Turbines (PATs)

Diketahui :

Tegangan ijin desain = 61.198.976 N/m² = 61.198976 N/mm². Dengan jumlah gaya yang diberikan sebesar 1060N.

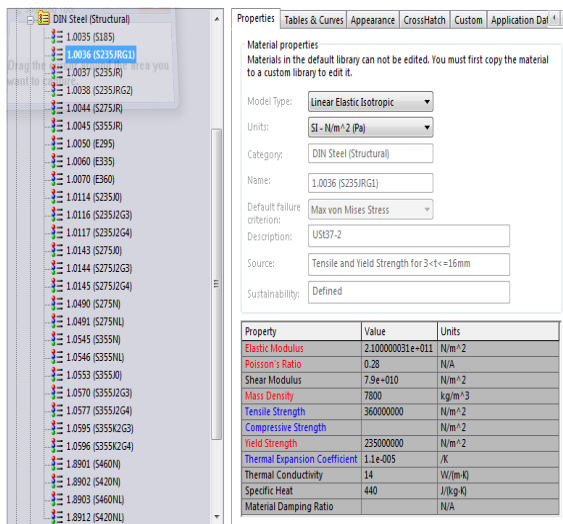


Gambar 1.8 von mises hasil pengujian menggunakan SolidWork



Gambar 1.9 Ures hasil pengujian menggunakan SolidWork

Tegangan luluh baja dari baja ST37=235.000.000 N/m² = 235 N/mm²



Gambar 1.10 properties baja ST37 di SolidWork

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada gambar 4.6 dan gambar 4.7, adalah hasil pengujian pada komponen rangka *Pump As Turbines* (PATs). Dengan data yang ditunjukkan dari gambar tersebut yaitu titik kritis deformasi (perubahan bentuk) dengan indikator warna merah berada pada rangka bagian belakang bawah, dan angka hasil pengujian rangka *Pump As Turbines* (PATs) angka deformasi maksimal adalah 61.198.976 N/m² = 61.198976 N/mm², dengan jumlah gaya yang diberikan 1060N.

Adapun hasil pengujian dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 1.5 Hasil pengujian menggunakan SolidWork

Nama komponen	Von mises stress (N/mm ²)	Displacement (mm)	Factor of safety	Force (N)
Rangka <i>Pump As Turbines</i> (PATs)	61.198976	2.763 x 10 ²	3.84	1060

2.9 Proses penghitungan

Proses penghitungan adalah proses pengolahan data yang di dapatkan dari hasil pengujian menggunakan *SolidWorks*. Penentuan faktor keamanan pada rangka *As Turbines* (PATs). Adapun proses penghitungan sebagai berikut :

1. Faktor keamanan dari rangka *As Turbines* (PATs).

Diketahui :

$$\sigma_y = \text{tegangan luluh material ST37} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{MAX} = \text{tegangan ijin desain} = 61.198976 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Penyelesaian: } SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{MAX}}$$

$$SF = \frac{235 \text{ N/mm}^2}{61.198976 \text{ N/mm}^2} = 3.84$$

$$SF = 3.84$$

Dari hasil penghitungan diatas di dapat angka faktor keamanannya adalah : 3.84

2.10 Penjelasan hasil analisis

Penjelasan analisis adalah penjabaran dari hasil pengujian di atas, dimana yang akan dijabarkan adalah hasil pengujian dari pengujian rangka *Pump As Turbines* (PATs) menggunakan *SolidWorks*, dimana hasil yang ditunjukkan dari hasil pengujian adalah adanya indikator warna pada *part* dan nilai dari indikator warna tersebut, berikut komponen rangka *Pump As Turbines* (PATs) yang akan dijabarkan.

Tabel 1.6 Hasil Analisis Rangka *Pump As Turbines* (PATs)

Nama komponen	Von mises stress (N/mm ²)	Displacement (mm)	Safety factor (FOS)
Rangka <i>Pump As Turbines</i> (PATs)	61.198976 N/mm ²	2.763 x 10 ²	3.84

1. Rangka *Pump As Turbines* (PATs)

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada rangka *Pump As Turbines* (PATs) menunjukkan angka atau warna ketika suatu beban diberikan pada rangka, pembebanan diberikan pada rangka sebesar 1060N, maka hasil yang didapat setelah pengujian sebagai berikut :

- a. Stress analisis
 - Titik kritis yang berwarna merah = $61.198.976.0 \text{ N/m}^2$ di belakang rangka bawah yang menunjukkan bahwa bagian blakang yang akan lebih besar menerima deformasi atau perubahan bentuk ketika rangka menerima beban berlebih.
 - Titik yang berwarna hijau dengan nilai sebesar $30.606.696.0 \text{ N/m}^2$ itu menunjukkan bahwa pada yang berwarna hijau berada pada kondisi batas aman tetapi mendekati batas kritis.
 - Titik berwarna biru dengan nilai sebesar $14.415.2 \text{ N/m}^2$
- b. *Safety factor* (faktor keamanan)
 Dari rancangan rangka *Pump As Turbines* (PATs) faktor keamanan di dapat 3.84 masih terbilang aman untuk digunakan beban sebesar 1060N.

IV. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Hasil perancangan *Pump As Turbines* (PATs) yang telah di buat maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Desain dalam perancangan *Pump As Turbines* (PATs) yang dibuat menggunakan tekanan air yang dihasilkan dari pompa sentrifugal *engine* sebagai pengganti ketinggian air menjadi tekanan pada turbin.
2. Hasil penghitungan faktor keamanan untuk kontruksi *Pump As Turbines* (PATs) dengan menggunakan baja ST37 didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 3,84. Dari faktor keamanan yang didapat dari hasil penghitungan sebesar 3 – 4,5 pada Tabel 2.2 faktor keamanan, hal ini menunjukkan bahwa kontruksi rangka *Pump As Turbines* (PATs) dapat menerima beban dari komponen-komponen yang digunakan dalam *Pump As Turbines*

(PATs) karena nilai faktor keamanan telah melebihi dari nilai yang ditentukan.

3. Pompa yang digunakan dalam pembuatan *Pump As Turbines* (PATs) yaitu pompa sentrifugal berukuran $40\text{m}^3/\text{h}$, dengan laju aliran $0,0065 \text{ m/s}$ menghasilkan kecepatan putar 1912Rpm.

4.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian ini ada beberapa saran yang harus dilakukan untuk mengembangkan penelitian berikutnya :

1. Mengganti ukuran pompa sentrifugal yang dijadikan *Pump As Turbines* (PATs) menjadi lebih besar.

V. REFERENSI

Agustinus Purna Irawan 2009, “*Diktat Elemen Mesin*”, FT Universitas Tarumanegara.

Darmawan, H. 2000. “Pengantar Perancangan Teknik (*Perancangan Produk*)”. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.

Ir. Hery Sonawan, MT.2014.”*Peraancangan Elemen Mesin*”, Alfabeta Bandung.

Ir.Sunarno,M.Eng.,Ph .D. 2005.”*Mekanikal Elektrikal*”, yogyakarta.

Prof. Dr. Ir. Damir Dahlan M.Sc 2012, “*Elemen Mesin*”, Bandung.

Robi Arsanda 2011, “ *Solidworks Profesional* “, Bandung.