

Perancangan *Gearbox* Turbin Angin Savonius Tipe-L Untuk Pembangkit Listrik Pada Rumah Tinggal

¹⁾Lidya Margaretha Daingah, ²⁾Stenly Tangkuman, ³⁾Charles Punuhsingon

¹⁾Prodi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

^{2),3)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado

Email: ¹⁾margarethalidyaa@gmail.com ; ²⁾st75@unsrat.ac.id

ABSTRAK

Turbin angin Savonius tipe-L merupakan salah satu jenis turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin savonius dengan tipe-L merupakan turbin angin yang efektif untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik. Salah satu bagian yang turut berperan dalam proses konversi energi angin ke listrik adalah *gearbox*. *Gearbox* berfungsi untuk menaikkan putaran yang berasal dari turbin yang kemudian diteruskan ke alternator. Dalam penelitian ini telah dirancang *gearbox* untuk pembangkit listrik tenaga angin dengan jenis turbin angin savonius tipe-L. *Gearbox* yang dimaksud terdiri dari sepasang roda gigi, dua poros, empat bantalan, dan dua pasak.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rasio kecepatan *gearbox* adalah 5.3, sedangkan torsi pada poros satu adalah 10,12 Nm dan pada poros dua adalah 1,88 Nm. Simulasi tegangan menunjukkan bahwa tegangan *von mises* adalah kurang dari tegangan ijin material.

Kata Kunci: *Gearbox*, Turbin Angin Savonius, Rasio Kecepatan

ABSTRACT

The L-type of Savonius wind turbine is one type of vertical axis wind turbine. The L-type of Savonius wind turbines have proven be an effective wind turbine for converting wind energy into electrical energy. One part that plays a role in the process of converting wind energy to electricity is a gearbox. The gearbox serves to increase the rotation coming from the turbine and then forward it to the alternator. In this research, a gearbox for wind power generation with the L-type of Savonius wind turbine has been designed. The gearbox consists of a pair of gears, two shafts, four bearings, and two keys.

The calculation results show that the gearbox speed ratio is 5.3, while the torque on the first shaft is 10.12 Nm and on the second shaft is 1.88 Nm. The stress simulation shows that the von mises stress is less than the allowable stress of the material.

Keywords: *Gearbox, Savonius Wind Turbine, Speed Ratio*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin poros atau sumbu rotor yang berdiri tegak lurus. Turbin angin vertikal lebih efektif karena tidak membutuhkan angin yang kencang untuk memutar turbin.

Turbin angin Savonius tipe-L merupakan salah satu jenis turbin angin vertikal. Turbin angin savonius dengan tipe-L merupakan turbin angin yang paling efektif untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik dari tiga bentuk tipe lainnya. Proses konversi perubahan energi angin ke listrik, dimana roda gigi berperan dalam proses konversi. Dalam penelitian ini akan dirancang dan dibuat miniatur *gearbox* turbin angin savonius tipe-L dengan memanfaatkan energi angin.

Penelitian tentang perancangan *gearbox* telah banyak dilakukan. Contohnya penelitian yang pernah dilakukan oleh Lucky Claudio Sinaga (2019) tentang penerapan transmisi *gearbox* pada miniatur pembangkit listrik tenaga bayu. Penelitian yang akan dilakukan berbeda dengan penelitian sebelumnya, oleh

karena itu pada penelitian ini akan dilakukan “Perancangan *Gearbox* Turbin Angin Savonius Tipe-L Untuk Pembangkit Listrik Pada Rumah Tinggal”.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini adalah bagaimana merancang *gearbox* turbin angin savonius tipe-L untuk pembangkit listrik pada rumah tinggal.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini, secara khusus membahas tentang perancangan *gearbox* turbin angin savonius tipe-L untuk pembangkit listrik pada rumah tinggal, daya rancangan 120 watt, *gearbox* didesain menggunakan perangkat lunak SOLIDWORK 2016, wilayah yang ditinjau adalah wilayah Sulawesi Utara pada bukit savana Pulisan, alternator dan penyimpan daya tidak dirancang.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merancang *gearbox* turbin angin savonius tipe-L untuk pembangkit listrik pada rumah tinggal. Luaran dari perancangan

ini adalah dalam bentuk miniatur *gearbox* untuk pembangkit listrik pada rumah tinggal.

II. LANDASAN TEORI

2.1 *Gearbox* Turbin Angin

Semua *gearbox* memiliki beberapa kesamaan: terdiri dari *casing*, poros, roda gigi, bantalan dan pasak. Tujuan dipasangnya *gearbox* pada turbin angin untuk mengubah kecepatan rotasi poros *input* ke kecepatan yang berbeda pada poros *output*.



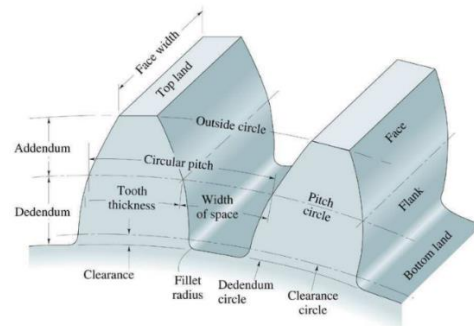
Gambar 2.1 Gearbox Turbin Angin (Hemami, 2012)

2.2 Teori Dasar Roda Gigi

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Roda gigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerus daya yang

dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda gigi yang saling berkaitan.

Dalam perancangan roda gigi, bagian ini mendeskripsikan beberapa fitur roda gigi yang harus diketahui diantaranya lingkaran jarak bagi, lingkaran kepala, jarak bagi lingkaran, lingkaran kaki, lingkaran kelonggaran kepala, kepala gigi, kaki gigi, lebar gigi, tebal gigi, kelonggaran kepala, lebar ruang antar gigi, panggul gigi, muka gigi, jari-jari fillet, bidang atas, dan bidang dasar. Gambar 2.1 memperlihatkan gambar roda gigi yang menunjukkan fitur-fitur roda gigi.

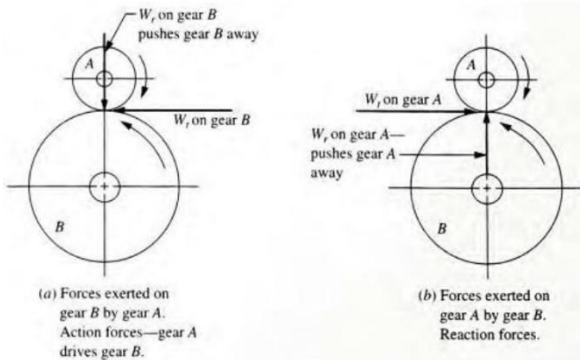


Gambar 2.2 Bagian-bagian Roda Gigi (Chan, 2011)

2.3 Perancangan Poros

Mott (2004), menyatakan ada beberapa prosedur yang harus ditentukan dalam perancangan poros yaitu kecepatan putar, daya atau torsi yang ditransmisikan,

gaya-gaya yang bekerja pada poros, reaksi dari bantalan, dan membuat diagram gaya geser.



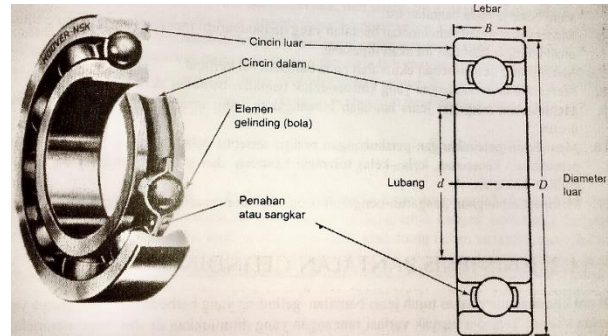
Gambar 2.3 Gaya-gaya pada Roda Gigi Lurus yang Berpasangan (Mott, 2004)

Menentukan nilai diameter poros (D) yang mengalami tegangan geser vertikal melalui persamaan sebagai berikut,
Menentukan diameter poros yang hanya mengalami pelengkungan dan torsi melalui persamaan sebagai berikut.

2.4 Bantalan

(Moot,2004), tujuan sebuah bantalan adalah untuk menumpu suatu beban, tetapi tetap memberikan kebebasan gerak relative antara dua elemen dalam sebuah mesin. Bantalan gelinding mengacu pada berbagai jenis bantalan yang menggunakan elemen-elemen gelinding

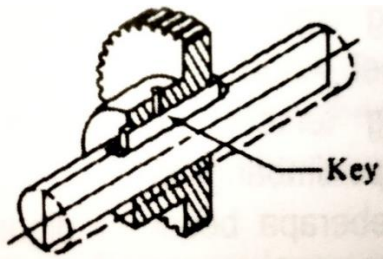
berbentuk bola bundar atau beberapa jenis rol lainnya antara bagian-bagian mesin yang diam dan bergerak.



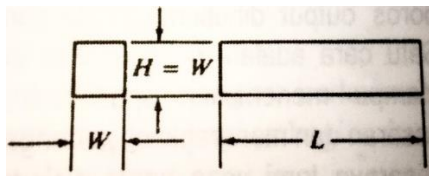
Gambar 2.4 Bantalan (Moot,2004)

2.9 Pasak

Pasak adalah sebuah komponen pemesinan yang ditempatkan di antara poros dan naf elemen pemindah daya untuk maksud pemindahan torsi (Gambar 2.9). Pasak dapat dilepas untuk pemasangan dan pelepasan sistem poros. Pasak dipasang pada alur aksial yang dibuat pada poros, disebut *keyseat*. Pasak biasanya dipasang lebih dahulu pada poros, kemudia alur naf dipaskan, dan naf digeser masuk sampai pada posisinya. Jenis pasak yang paling umum adalah pasak bujur sangkar, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.5 Pasak dan Alur Pasak pada Roda Gigi dan Poros (Moot,2004)



Gambar 2.6 Pasak Bujur Sangkar (Moot,2004)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan *gearbox* pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa langkah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1. Langkah pertama adalah studi pustaka. Langkah yang kedua adalah data perancangan. Langkah ketiga adalah perhitungan rasio kecepatan. Langkah keempat adalah perancangan roda gigi lurus. Langkah yang kelima adalah perhitungan kecepatan linear, gaya tangensial, dan gaya radial roda gigi. Langkah yang keenam adalah pemilihan bahan. Langkah yang ketujuh adalah pengecekan tegangan. Langkah kedelapan

adalah perancangan poros. Langkah kesembilan adalah pemilihan bantalan. Langkah kesepuluh adalah perancangan pasak. Langkah kesebelas adalah hasil dan pembahasan. Langkah keduabelas kesimpulan dan saran, kemudian selesai.



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

IV. PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Data Perancangan

Perancangan ini sudah diketahui data awal perancangan yaitu daya rancang dan putaran turbin. Untuk nilai putaran turbin adalah 111,78 rpm. Nilai daya rancang adalah 120 watt.

4.2 Perhitungan Rasio Kecepatan

Perhitungan rasio kecepatan dihitung berdasarkan putaran *output* turbin dan putaran alternator. Nilai yang sudah diketahui untuk putaran alternator adalah 600 rpm dan putaran turbin adalah 111,78 rpm.

$$VR = = = 5,3$$

4.3 Perancangan Roda Gigi Lurus

Perancangan ini penentuan diameter roda gigi dan putaran roda gigi diperlukan sebagai data awal perancangan roda gigi. Berdasarkan putaran turbin dan putaran alternator maka ditentukan diameter roda gigi dan putaran roda gigi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

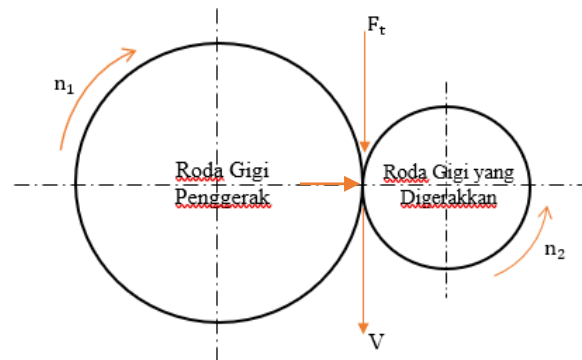
Tabel 4.1 Diameter dan putaran roda gigi

Roda Gigi	Diameter Roda Gigi (D)	Putaran Roda Gigi (n)

Roda gigi satu	172 mm	111,78 rpm
Roda gigi dua	32 mm	600,00 rpm

4.4 Perhitungan Kecepatan Linier dan Gaya-Gaya Roda Gigi

Perhitungan untuk menentukan gaya-gaya yang bekerja pada sepasang roda gigi. Pertama menentukan nilai kecepatan linier, kedua gaya tangensial (F_t) dan gaya radial (F_r) dari sepasang roda gigi yang bekerja. Dimensi diameter jarak bagi (D) yang sudah diketahui dari roda gigi 1 dan roda gigi 2. Sepasang roda gigi yang bekerja diilustrasikan seperti pada gambar 4.1.



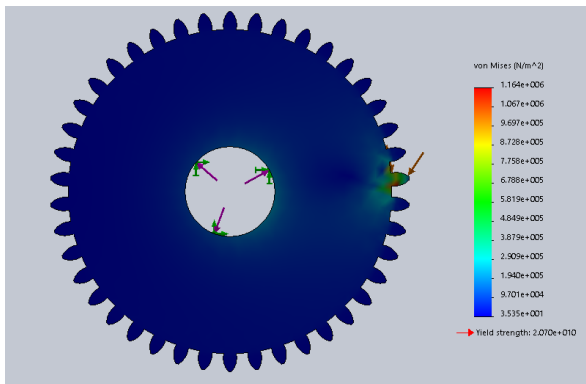
Gambar 4.1 Diagram Benda Bebas Gaya-gaya pada Roda Gigi

Perhitungan gaya tangensial untuk roda gigi satu dan dua adalah sebagai berikut,
 $= = 117,65 \text{ N}$

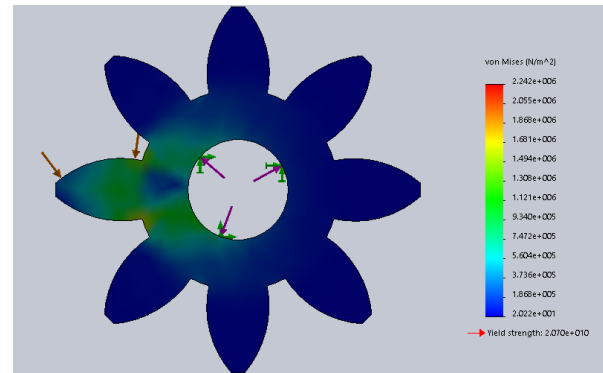
Perhitungan gaya radial (F_r) untuk roda gigi satu dan dua adalah sebagai berikut,
 $= 117,65 \text{ N} \tan = 42,82 \text{ N}$

4.5 Pengecekan Tegangan Pada Roda Gigi dan Pemilihan Bahan

Jenis material yang akan digunakan adalah baja karbon AISI 1020, dengan kekuatan tegangan tarik 379 Mpa dan nilai kekuatan tegangan luluh 207 Mpa. Dalam simulasi yang akan dilakukan gaya-gaya yang di input adalah gaya tangensial dan gaya radial. Maka hasil simulasinya dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Hasil simulasi tegangan pada roga gigi satu



Gambar 4.3 Hasil simulasi tegangan pada roga gigi dua

Hasil simulasi pengecekan tegangan yang dilakukan pada pasangan roda gigi adalah aman, untuk bahan yang akan digunakan. Pemeriksaan tegangan dan penentuan bahan roda gigi dapat dihitung dengan nilai faktor rancangan (N) yang sudah diketahui adalah 3 dan nilai tegangan luluh (adalah 207, maka dapat dihitung sebagai berikut

Perhitungan pengecekan tegangan roda gigi satu,

$$1,164 \text{ Mpa} \leq$$

$$1,164 \text{ Mpa} \leq 69 \text{ Mpa}$$

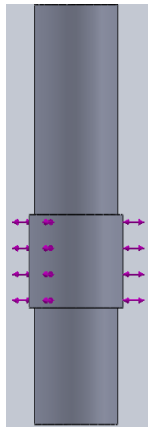
Perhitungan pengecekan tegangan roda gigi dua,

$$2,242 \text{ Mpa} \leq$$

$$2,242 \text{ Mpa} \leq 69 \text{ Mpa}$$

4.6 Perancangan Poros Satu dan Pemilihan Awal Bantalan

Model poros satu ditunjukkan pada gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Poros Satu

Tabel 4.2 Nilai Diameter Poros Satu Hasil Rancangan

Diameter	Komponen yang ada	Diameter minimum (mm)	Diameter rancangan (mm)
	Bantalan 1	9,52 mm	40 mm
	Roda Gigi 1	10,51 mm	45 mm
	Bantalan 2	2 mm	40 mm

Bantalan yang akan digunakan pada bantalan satu dan dua dipilih bantalan dengan nomor 6208. Spesifikasi yang telah diketahui yaitu diameter luar (D) adalah 80 mm, diameter dalam (d) adalah

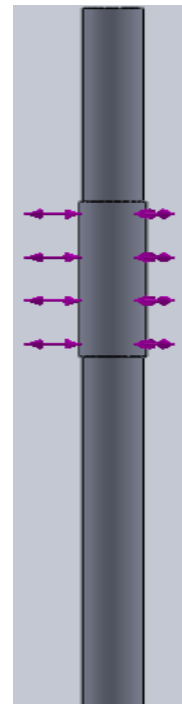
40 mm, lebar bantalan (B) adalah 18 mm, dan beban dinamik (C) adalah 5050 lbf.

4.7 Perancangan Pasak Satu

Perancangan pasak dengan dimensi yang sudah ditentukan dengan tinggi pasak (H) yang sudah diketahui adalah 12,7 mm dan lebar pasak adalah 12,7 mm.

4.8 Perancangan Poros Dua dan Pemilihan Awal Bantalan

Model poros dua ditunjukkan pada gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Poros Dua

Tabel 4.3 Diameter Poros Dua Hasil Rancangan

Diame ter	Komponen yang ada	Diameter minimum (mm)	Diame ter rancan g an (mm)
	Bantalan 1	9,5 mm	10 mm
	Roda Gigi 1	10,5 mm	11 mm
	Bantalan 2	2 mm	10 mm

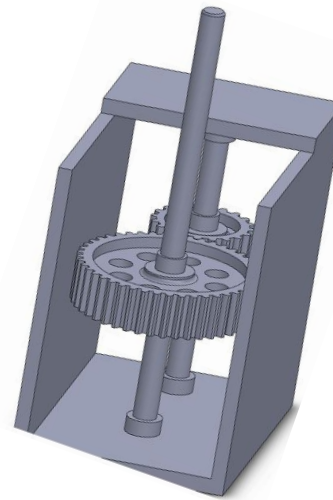
Bantalan yang akan digunakan pada bantalan tiga dan empat dipilih bantalan dengan nomor 6200. Spesifikasi yang telah diketahui yaitu diameter luar (D) adalah 30 mm, diameter dalam (d) adalah 10 mm, lebar bantalan (B) adalah 9 mm, dan beban dinamik (C) adalah 885 lbf.

4.9 Perancangan Pasak Dua

Perancangan pasak dengan dimensi yang sudah ditentukan dengan tinggi pasak (H) yang sudah diketahui adalah 4,763 mm dan lebar pasak adalah 4,763 mm.

4.10 Model Gearbox Roda Gigi Lurus yang Dirancang

Model *gearbox* turbin angin savonius tipe-L terdapat beberapa komponen penyusun. Komponen penyusun pertama yang dirancang adalah roda gigi. Komponen penyusun kedua adalah poros. Komponen penyusun ketiga adalah bantalan. Komponen penyusun keempat adalah pasak. Berikut model *gearbox* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Gearbox yang dirancang

V. Penutup

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pertama perancangan *gearbox* menggunakan jenis roda gigi lurus. Rasio kecepatan yang didapat dari

putaran alternator 600 rpm dan putaran turbin 111,78 rpm adalah 5,3. Dimensi roda gigi yang telah ditentukan roda gigi satu dengan diameter 172 mm dan roda gigi dua dengan diameter 32 mm, dapat menghasilkan putaran yang ingin dicapai yaitu 600 rpm. Nilai torsi, gaya geser, dan momen lentur pada poros dua secara berurutan adalah 1,88 Nm, 62,6 N, dan 4,382 Nm.

Kesimpulan kedua perancangan *gearbox* turbin angin savonius tipe-L ini dituangkan dalam bentuk miniatur yang telah berhasil dibuat dapat dilihat pada lampiran.

5.1 Saran

Pertama perancangan *gearbox* ini dapat dikembangkan lagi dalam hal untuk menghasilkan daya yang lebih besar. Kedua bahan yang digunakan untuk pembuatan miniatur harus sesuai dengan bahan yang dipilih saat perancangan. Ketiga rancang bangun *gearbox* pada turbin angin savonius tipe-L ini dapat dibuat dengan dimensi yang sebenarnya.

Daftar Pustaka

- Ahmad Hemami. 2012. *Wind Turbine Technology*. Associate of McGill University, Montreal, Canada and Iowa Lakes Community College, IA, USA.
- Global Wind Atlas, *Wind Power Density of Sulawesi Utara - Indonesia*. <https://globalwindatlas.info/area/Indonesia/Sulawesi%20Utara>.
- James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers. 2002. *Wind Energy Explained - Theory, Design and Application*. Copyright John Wiley & Sons Ltd.
- Tangkuman, Stenly. 2015. *Mekanika Kekuatan Material*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Lucky Claudio Sinaga, Stenly Tangkuman, Michael Rembet. 2019. Penerapan Transmisi *Gearbox* Pada Miniatur Pembangkit Listrik Tenga Bayu. Skripsi Program S1 Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Meifri Haryanto Fransisko Tielung, Stenly Tangkuman, Benny Maluegha. 2019. Simulasi dan Permodelan Turbin Angin Savonius dengan Konfigurasi Rotor Tipe L

untuk Pembangkit Listrik
Tenaga Bayu Skala
Mikro. Skripsi Program
S1 Teknik Mesin
Universitas Sam
Ratulangi. Manado

Jalan. Universitas
Muhammadiyah Surakarta
Yefri Chan, ST, MT. 2011. Diktat Elemen
Mesin II. Universitas Darma Persada.

- Prayogo, A. 2019 Desain Model
Pembangkit Listrik
Tenaga Bayu Portabel.
Jurusan Teknik
Mesin Universitas Sam
Ratulangi Manado
- Robbert L. Mott. 2004. Elemen – Elemen
Mesin dalam Perancangan
Mekanis. Ir. Rines, M.T,
Ir. Agus Santoso, Wibowo
Kusbandono, M.T, Ir.
Rusdi Sambada, M.T, I
Gusti Ketut Puja M.T,
Drs. Teguh Siswantoro,
M.S. Yogyakarta:
Penerbit Andi.
- Syamza, A.F. 2017. *Rancang Bangun
Pembangkit Listrik Turbin Angin Vertikal
Sebagai Energi Alternatif.*
Tugas Akhir. Politeknik
Negeri Padang, Padang.
- Ulinuha, A dan Widodo, W.A. 2018.
*Rancang Bangun Pembangkit Listrik
Tenaga
Angin Skala Mikro Untuk
Keperluan Penerangan*