

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk membantu pembuatan Proyek Akhir ini, dibutuhkan adanya beberapa referensi yang dapat menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian.

1. **I Putu Sutawinaya, dkk (2014)** . Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali. Dalam judul penelitian **“Studi Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Menopang Beban Lebih Dan Drop Tegangan Pada Transformator Distribusi Ka 1516 Penyulang Buduk Menggunakan Simulasi Program ETAP 7.0”**, VOL 14. No III. Halaman : 134-135 dalam jurnal ini membahas tentang penambahan transformator sisipan untuk mengatasi beban *overload* dan *drop* tegangan pada transformator distribusi.
2. **Madayun Romodona Sapta Abadi. (2014)**. Jurusan Teknik Elektro Universitas Mercu Buana. Dalam Tugas Akhirnya yang berjudul **“Analisa Penyelesaian Gangguan Trafo Distribusi Dengan Menggunakan Metode Rcps (*Root Cause Problem Solving*)”**. Membahas mengenai tentang solusi untuk mengatasi beban *overload* pada transformator distribusi dengan metode gardu sisip, pecah beban, dan mutasi.
3. **Putu Arya Mertasana (2015)** Jurusan Teknik Elektro dan Komputer Fakultas Teknik Universitas Udayana dalam tugas akhirnya yang berjudul **MENGATASI BEBAN LEBIH PADA GARDU DISTRIBUSI 160 KVA PADA PENYULANG KELAN TUBA** menjelaskan bahwa perkembangan sekarang yang cukup pesat dalam hal ini pertumbuhan ekonomi yang mengakibatkan permintaan energi listrik mengalami peningkatan dan semakin besar pula beban listrik yang di tanggung maka di butuhkan pencegahan terjadinya kerusakan peralatan serta pengoptimalan pelayanan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Prinsip Kerja Transformator ^[1]

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum *ampere* dan *faraday* yaitu “arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik”. Jika salah satu kumparan pada trafo dialiri arus listrik, maka timbul gaya garis magnet yang berubah–ubah. Kumparan sekunder akan menerima garis gaya magnet dari kumparan primer yang besarnya berubah–ubah dan di kumparan sekunder juga timbul induksi yang diakibatkan antara dua ujung kumparan terdapat beda tegangan. Jumlah garis gaya (Φ , *fluks*) yang masuk kumparan sekunder adalah sama dengan garis gaya yang keluar dari kumparan primer.

2.2.2. Transformator Distribusi ^[2]

Transformator Distribusi adalah merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Kerusakan pada transformator distribusi menyebabkan kontinuitas pelayanan terhadap konsumen akan terganggu (terjadi pemutusan aliran listrik atau pemadaman). Pemadaman merupakan suatu kerugian yang menyebabkan biaya-biaya pembangkitan akan meningkat tergantung harga KWH yang tidak terjual. Pemilihan rating transformator distribusi yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban akan menyebabkan efisiensi menjadi kecil, begitu juga penempatan lokasi transformator distribusi yang tidak cocok mempengaruhi drop tegangan ujung pada konsumen atau jatuhnya/turunnya tegangan ujung saluran/konsumen.

^[1] Soebagio. 2012. Tentang bukunya yang berjudul “Transformator” . Surabaya: itspress

^[2] PT. PLN (Persero) Buku 4. Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik

Transformator adalah komponen elektromagnet yang dapat merubah tegangan tinggi ke rendah atau sebaliknya dalam frekuensi sama. Transformator merupakan jantung dari distribusi dan transmisi yang diharapkan beroperasi maksimal (kerja terus menerus tanpa henti). Agar dapat berfungsi dengan baik, maka transformator harus dipelihara dan dirawat dengan baik menggunakan sistem dan peralatan yang tepat. Transformator dapat dibedakan berdasarkan tegangannya, transformator 500/150 kV dan 150/70 kV biasa disebut transformator Interbus transformator (IBT) dan transformator 150/20 kV dan 70/20 kV disebut transformator distribusi. Trafo pada umumnya ditanahkan pada titik netral sesuai dengan kebutuhan untuk sistem pengamanan atau proteksi. Sebagai contoh trafo 150/20 kV ditanahkan secara langsung di sisi netral 150 kV dan trafo 70/20 kV ditanahkan dengan tahanan rendah atau tahanan tinggi atau langsung di sisi netral 20 kV.

2.3 Gardu distribusi 20 KV ^[3]

Pengertian umum gardu distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu kontruksi gardu listrik yang berisi komponen pembagi atau terdiri dari instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM), transformator distribusi dan perlengkapan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan tegangan menengah (TM 20 KV) maupun tegangan rendah (TR 230/400V).

Konstruksi Gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan Pemda setempat. Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

1. Jenis pemasangannya :

^[3] PT. PLN (Persero) Buku 4. Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik

- a. Gardu pasangan luar :
 - 1) Gardu portal
 - 2) Gardu cantol
- b. Gardu pasangan dalam :
 - 1) Gardu beton
 - 2) Gardu kios
- 2. Jenis konstruksinya :
 - a. Gardu beton
 - 1) Bangunan sipil
 - b. Gardu tiang
 - 1) Gardu portal
 - 2) Gardu cantol
 - 3) Gardu kios
- 3. Jenis penggunaannya :
 - a. Gardu pelanggan umum
 - b. Gardu pelanggan khusus
 - c. Gardu hubung

Khusus pengertian gardu hubung adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver. Sistem gardu hubung dipergunakan untuk jaringan distribusi pada sistem konfigurasi jaringan spindel. atau jaringan udara agar mempermudah manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain.

2.3.1 Bentuk gardu distribusi ^[4]

1. Gardu distribusi pasangan dalam

Gardu distribusi pasangan dalam adalah gardu konstruksi tembok dengan kapasitas transformator antara 315,400kVA sampai dengan 630 kVA, dipakai untuk daerah padat beban tinggi dengan konstruksi instalasi yang berbeda dengan gardu pasangan luar. Gardu beton dipasang dari baik jaringan saluran

^[4] PT. PLN (Persero) Buku 4. Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik

udara ataupun saluran kabel tanah. Berikut merupakan gardu tembok dan single line diagram dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.1 Gardu tembok dan *single line* diagram

Gardu tembok atau beton dipasang baik dari jaringan saluran udara ataupun saluran kabel tanah, seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan *switching/proteksi*, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksinya pasangan batu dan beton (*Masonry Wall Building*) berupa bangunan dari bahan tembok dengan dinding dilapisi semen, atap cor beton, lantai semen dan pintu dari bahan besi untuk menempatkan peralatan listriknya ialah Kubikel, Trafo, PHB-TR dan peralatan lainnya. Gardu beton harus mempunyai persyaratan fisik yang cukup memadai guna memudahkan pada waktu pelaksanaan konstruksi instalasi, operasi dan pemeliharaan. Pintu minimal lebar 120 cm, ventilasi tidak kurang dari 20% luas dinding, cukup tersedia akses keluar masuk gardu, tinggi ruang minimal 3 meter, elevasi dasar lantai gardu tidak kurang dari 20 cm dari resiko tinggi kemungkinan banjir. Ruang gardu harus memberikan cukup pentilasi untuk menjaga ambient temperature rata-rata 40° C. Terdapat 2 penggunaan gardu, yaitu sebagai gardu distribusi (GD) untuk pelayanan umum dan sebagai gardu hubung (GH).

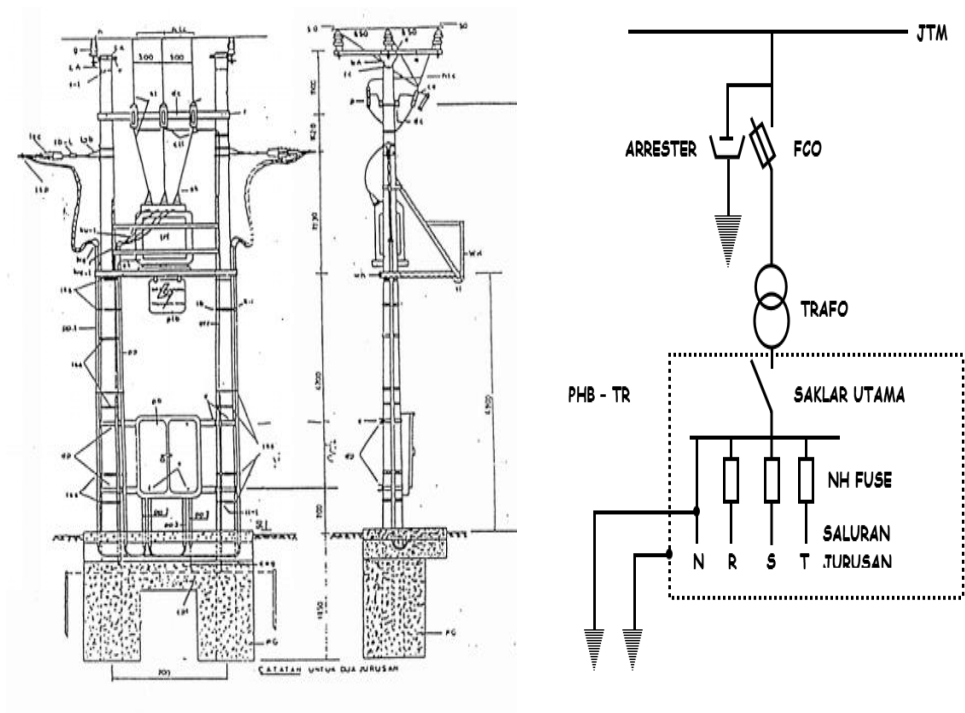
Mengingat tidak terdapatnya ruangan khusus untuk tegangan rendah, maka penempatan perlengkapan hubung bagi tegangan

rendah (PHB-TR) dan perlengkapan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM) dalam gardu disusun dengan memperhatikan keamanan dan keselamatan.

Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah di tempatkan pada sisi masuk sebelah kiri atau sebelah kanan. Selanjutnya susunan PHB-TM tidak kurang lebar 1 meter dan jarak bagian belakang PHB dengan dinding minimal 60 cm. Cukup tersedia ruang antara petugas berdiri dengan dengan PHB-TR minimal 75 cm. Ruang gardu harus dilengkapi *man-hole* dan tersedia tempat untuk cadangan tambahan kubikel PHB-TM sekurang-kurangnya 1(satu) buah.

2. Gardu distribusi pasangan luar

Konstruksi gardu distribusi pasangan luar tipe Portal terdiri atas *fused cut out* (FCO) sebagai pengaman hubung singkat trafo sisi 20 kV dengan elemen pelebur atau NH fuse pada sisi tegangan rendah dan dan *Lightning Arrester* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir. Elektroda pembumian dipasang pada masing-masing *lightning arrester* dan pembumian titik netral transformator sisi Tegangan Rendah. Kedua elektroda pembumian tersebut dihubungkan dengan penghantar yang berfungsi sebagai ikatan penyama potensial yang digelar di bawah tanah. Berikut merupakan gardu portal dan single line diagram pada gambar 2.3



Gambar 2.2 Gardu portal dan single line diagram

Gardu portal adalah gardu listrik dengan konstruksi menggunakan dua tiang. Transformator dipasang pada bagian atas sedangkan lemari panel atau PHB-TR pada bagian bawah. Pada gardu portal RMU (*Ring Main Unit*) adalah gardu listrik dengan konstruksinya sama dengan gardu portal, dengan penempatan kubikel jenis RMU (*Ring Main Unit*) dalam lemari panel (*Metalcald*) yang terhindar dari air hujan dan debu, digunakan jaringan SKTM.

Penopang gardu adalah tiang besi / beton yang mampu menahan gaya mekanis, yaitu akibat tarikan mekanis penghantar jika gardu pada ujung jaringan (507 daN) , akibat tekanan angin baik pada tiang ataupun pada transformator (105 daN). Total gaya mekanis yang harus ditahan oleh tiang penopang tidak kurang dari 612 daN, sehingga kekuatan tiang yang dipakai minimal 2 x 500 daN. Tiang ditanam dengan

kedalaman sekurang-kurangnya $\frac{1}{6}$ kali panjang tiang dan dilengkapi pondasi beton.

2.3.2 Penyebab Beban *Overload* Pada Transformator Distribusi Dan Solusi Penanganannya.

Overload yang terjadi pada transformator yang terpasang mengalami beban diatas rating kapasitas pembebanan yang mencapai 80% dimana kapasitas tersebut melebihi kapasitas pembebanan yang di anjurkan SPLN 50/1982 dan D3.002-1:2007 yang membahas mengenai beban maksimal *continue transformator* tidak melebihi 80 % dan SPLN 50/1997 membahas mengenai transformator distribusi dari permasalahan beban lebih tersebut dapat di tangani dengan metode gardu sisip, pacah beban, atau mutasi transformator. Transformator tersebut mengalami *overload* dapat terjadi dikarenakan :

1. Tidak dilakukannya pengukuran beban transformator secara rutin untuk mengetahui beban transformator sebenarnya
2. Tidak adanya petugas yang monitor transformator yang *overload* dan merencanakan bagaimana cara untuk mengurangi beban transformator tersebut baik dengan cara manajemen beban JTR maupun manajemen transformator.

Solusi penanganan transformator yang mengalami beban *over load* adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan gardu sisip

Metode yang dimaksud dengan sisip gardu ialah penambahan gardu yang ada dengan syarat transformator sebelum sisip mengalami *drop* tegangan dan beban *overload* , tegangan tidak seimbang dan kapasitas maksimum 315 kVA gardu potal. Dengan adanya penambahan transformator sisipan yang terpasang beban transformator yang ada, bisa di bagi dengan

transformator baru dengan adanya gardu sisip dapat diharapkan beban transformator *overload* dapat berkurang.

2. Mutasi

Mutasi transformator adalah salah satu cara tindakan pengelolaan transformator–transformator distribusi yang terpasang di jaringan dalam upaya mengatasi ketidaksesuaian kapasitas transformator dengan beban, dengan cara meningkatkan kapasitas transformator yang lebih besar dari sebelumnya.

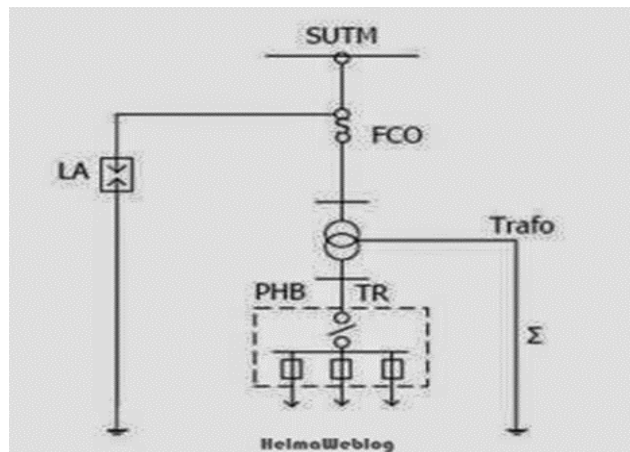
3. Pecah beban

Pecah beban dilakukan dengan cara membagi beban kejurusan lain atau penambahan line jurusan JTR dari jurusan yang belum di gunakan

2.3.3 Spesifikasi gardu distribusi pasangan luar tipe portal ⁵

Secara garis besar gardu distribusi pasangan luar menurut Konstruksi menitik beratkan kepada sistem proteksi gardu portal dan komponen utama gardu portal secara teori dasar gardu portal merupakan salah satu dari jenis konstruksi gardu tiang, yaitu gardu distribusi tenaga listrik tipe terbuka (out-door), dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. tempat kedudukan transformator berjarak 3 meter di atas permukaan tanah. dengan sistem proteksi di bagian atas dan papan hubung bagi tegangan di bagian bawah untuk memudahkan kerja teknis dan pemeliharaan

⁵ PT. PLN (Persero) Buku 4. Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik



Gambar 2.3 Diagram satu garis gardu portal.

Komponen komponen utama yang umumnya di gunakan pada gardu portal untuk komponen utama gardu portal disini saya akan membagi menjadi dua bagian besar, yang pada umumnya selalu di gunakan pada gardu portal, sehingga dapat mempermudah mengenali atau mengetahui macam dan fungsinya. Berikut ini penjabaran pembagian konstruksi gardu pasangan luar tipe portal.

1. Komponen utama bagian atas gardu.



Gambar 2.4 Gardu portal tampak atas

2. *Lightning Arrester* (LA)

Berfungsi sebagai alat proteksi atau pengaman trafo distribusi dari tegangan lebih akibat surja petir, khususnya pada gardu pasangan luar.

3. *Fused Cut Out* (FCO)

Berfungsi sebagai proteksi atau pengaman lebur, Pada gardu distribusi khususnya, *Fused Cut Out* (FCO) ini berfungsi sebagai alat pelindung Transformator dari arus hubungan singkat dan sebagai alat untuk membebaskan sumber tegangan jika dilakukan pemeliharaan. Proteksi pada *Fused Cut Out* (FCO) ini dipasang dalam bentuk *Fuse Link* yang dapat disesuaikan dengan arus nominal transformator distribusi yang terpasang.

4. Pengawatan gardu.

Yaitu berupa pengawatan atau kawat penghubung untuk menghubungkan tegangan dari jaringan SUTM, *Lightning Arrester* (LA), dan *Fused Cut Out* (FCO) ke trafo distribusi.

5. Tiang

Tiang yang dipergunakan untuk gardu distribusi jenis ini bisa berupa tiang beton maupun tiang besi, yang memiliki kekuatan kerja sekurang kurangnya 500 daN dengan panjang 11 atau 12 meter.

6. Transformator distribusi

Yaitu komponen utama dari gardu distribusi untuk menurunkan tegangan dari sisi tegangan menengah (SUTM) menjadi tegangan yang siap di pakai oleh pelanggan. Transformator yang di pergunakan mulai dari 50 kVA - 400 kVA sesuai dengan kebutuhan pembangunan gardu.

7. Rangka gardu

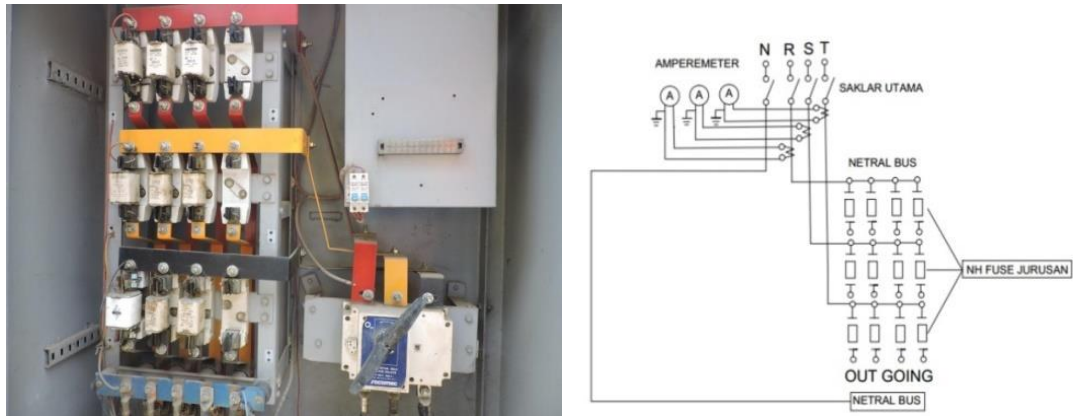
Pada dasarnya berfungsi untuk menempatkan trafo distribusi dan komponen lainnya pada tiang. Rangka gardu ini biasanya sudah berupa satu set lengkap.

8. Pipa Jurusan

Berfungsi untuk menempatkan kabel naik atau kabel jurusan dari PHB - TR ke jaringan SUTR di bagian atas Komponen Utama Bagian Bawah Gardu.

9. Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah - TR

Berfungsi untuk membagi tegangan rendah ke beban, istilah tekniknya perangkat hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) adalah terminal pembagi dari transformator pada gardu listrik ke jaringan saluran rumah.



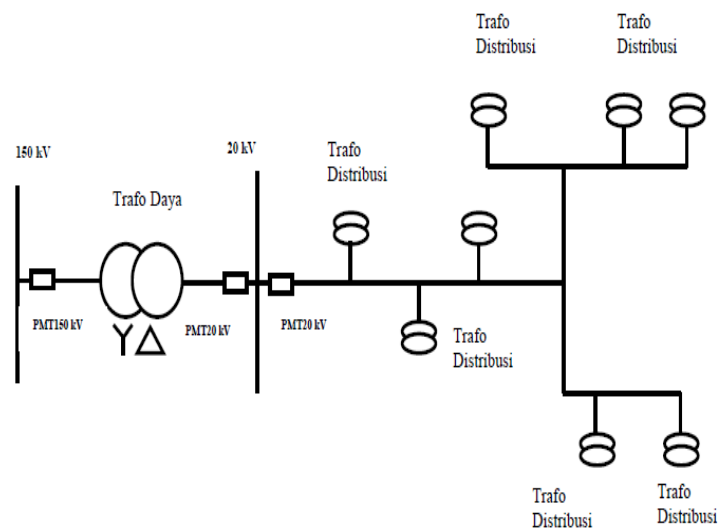
Gambar 2.5. Gambar PHB-TR

Instalasi Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) dilengkapi dengan Saklar utama (Ohm saklar), Rel tembaga atau rel jurusan, NH-Fuse jurusan PHB-TR terpasang pada antara rel yaitu beberapa komponen utama yang di susun dalam Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB - TR) yaitu sebagai Berikut :

1. Saklar utama.
2. Rel tembaga atau rel jurusan
3. NH-Fuse jurusan.
4. Kabel naik atau kabel jurusan (bisa berupa NYY atau NYFGBY) dengan ukuran sesuai dengan kebutuhan.
5. Kabel turun (Kabel penghubung dari Trafo ke PHB-TR) dengan ukuran disesuaikan dengan kebutuhan dan trafo distribusi yang terpasang.

2.4. Konfigurasi Jaringan Distribusi Radial

Sistem distribusi dengan pola radial seperti gambar adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



Gambar 2.6. Konfigurasi Jaringan Radial

Dalam penyulang tersebut dipasang gardu-gardu distribusi untuk konsumen. Keuntungan dari sistem ini adalah tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kekurangan keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan padam. Kerugian lainnya yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran.

2.5 Kerangka pemikiran



Gambar 2.7 Diagram alir kerangka pemikiran