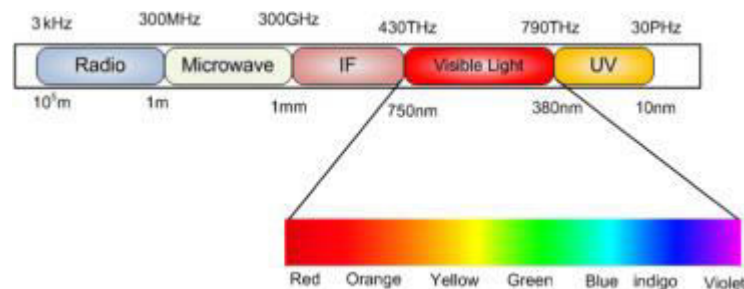


## II.3. Teori Pendukung

### II.3.1 Visible Light Communication

*Visible Light Communication* (VLC) merupakan komunikasi atau tukar menukar informasi yang ditumpangkan pada media cahaya tampak, salah satunya media laser. Komunikasi ini menggunakan cahaya tampak dengan frekuensi antara 400 hingga 800 THz atau panjang gelombang dari 780 hingga 375 nm[7].



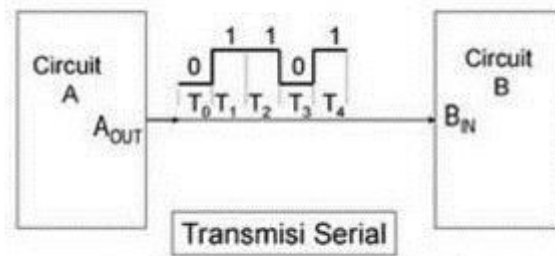
**Gambar II.1** Spektrum frekuensi VLC ([http:// en.stonkcash.com](http://en.stonkcash.com))

Salah satu sistem komunikasi yang menggunakan prinsip VLC saat ini yaitu teknologi Li-Fi. Teknologi ini mirip dengan teknologi Wi-Fi, dimana pengguna dapat berkomunikasi saat *device* berada di daerah Li-Fi *spot*. Selain itu, *Fiber Optic*-pun mengadopsi prinsip VLC, karena *fiber optic* ini mengirimkan data dengan merambatkan cahaya ke tujuan. Sinar Laser dapat digunakan untuk merambatkan cahaya pada *fiber optic* ataupun tanpa fiber optic[7].

### II.3.2 Komunikasi Data Serial

Komunikasi *serial* adalah komunikasi yang pengiriman datanya per-bit secara berurutan dan bergantian. Komunikasi ini mempunyai suatu kelebihan yaitu hanya membutuhkan satu jalur dan kabel yang sedikit dibandingkan dengan komunikasi *parallel*. Pada prinsipnya komunikasi *serial* merupakan komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi *parallel*, atau dengan kata lain komunikasi *serial* merupakan salah satu metode komunikasi data di mana hanya satu bit data yang dikirimkan melalui seuntai kabel pada suatu waktu tertentu. Pada dasarnya komunikasi serial adalah kasus khusus komunikasi *parallel* dengan nilai  $n = 1$ , atau dengan kata lain adalah suatu bentuk komunikasi *parallel* dengan jumlah kabel hanya satu dan hanya

mengirimkan satu bit data secara simultan. Hal ini dapat disandingkan dengan komunikasi *parallel* yang sesungguhnya di mana n-bit data dikirimkan bersamaan, dengan nilai umumnya  $8 \leq n \leq 128$ [8].



**Gambar II.2** Ilustrasi transmisi *serial* (<https://www.jalankatak.com>)

Komunikasi serial ini terbagi menjadi dua macam:

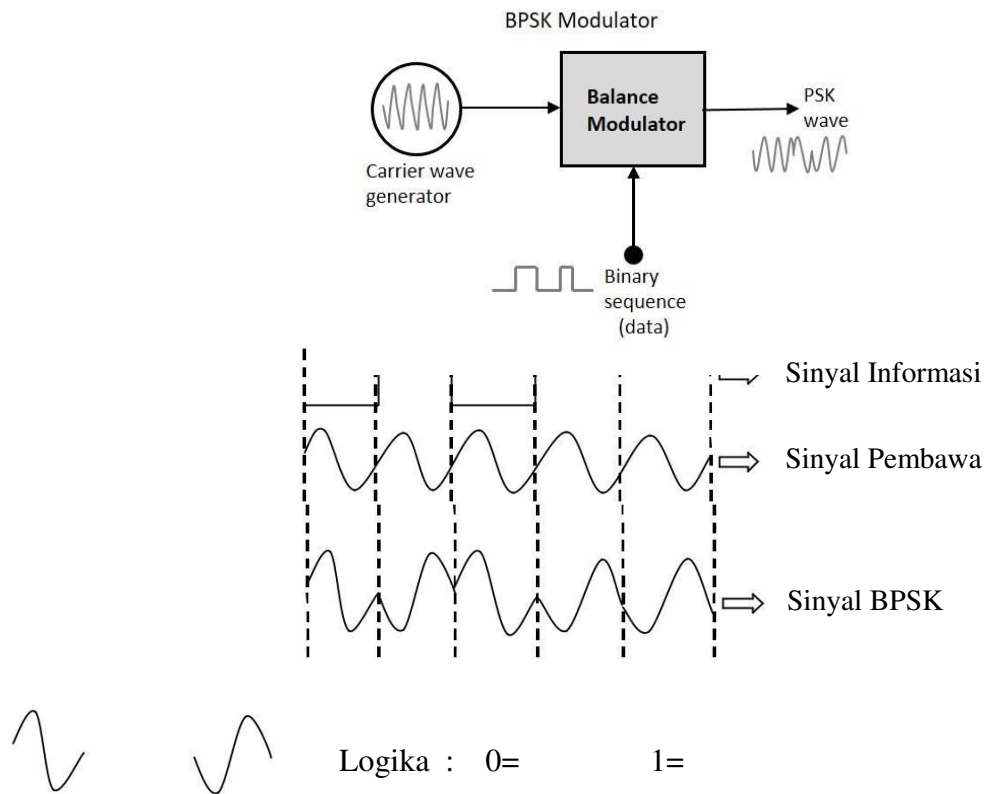
- 1) *Asynchronous Serial*, dan
- 2) *Synchronous Serial*

*Asynchronous serial* yaitu komunikasi antara pengirim dan penerima dengan masing-masing pihak menghasilkan *clock* sehingga hanya data yang ditransmisikan. Frekuensi clock antara pengirim dan penerima harus sama agar terjadi sinkronisasi saat pemrosesan data. Contoh penggunaan *Asynchronous serial* yaitu UART pada *serial port* (COM) komputer. Sedangkan, pada komunikasi *synchronous serial* data yang dikirim berupa data dan *clock*. Contoh penggunaan komunikasi *synchronous serial* yaitu transmisi data *keyboard* [8].

### II.3.3 Modulasi Binary PSK

Pada Proses modulasi PSK dapat dilihat sebagai kasus khusus dari Phase modulation. Pada modulasi PSK bentuk sinyalnya berupa sinyal digital. Penjelasan lebih lengkap bagaimana proses Modulasi PSK ditunjukkan pada gambar II.2 : Pada Gambar II.2 sinyal pembawa merupakan sinyal sinusoidal dengan frekuensi dan amplitudo tetap, sinyal modulasi adalah informasi biner. Jika informasi adalah low (0), sinyal pembawa tetap dalam fasanya. Jika informasi input adalah tinggi (1), sinyal pembawa membalik fasa sebesar  $180^\circ$ .

Pasangan gelombang sin yang hanya berbeda fasanya pada pergeseran  $180^\circ$  disebut sinyal antipodal. Tipe *Phase Shift Keying* ini disebut *binary PSK* (BPSK).

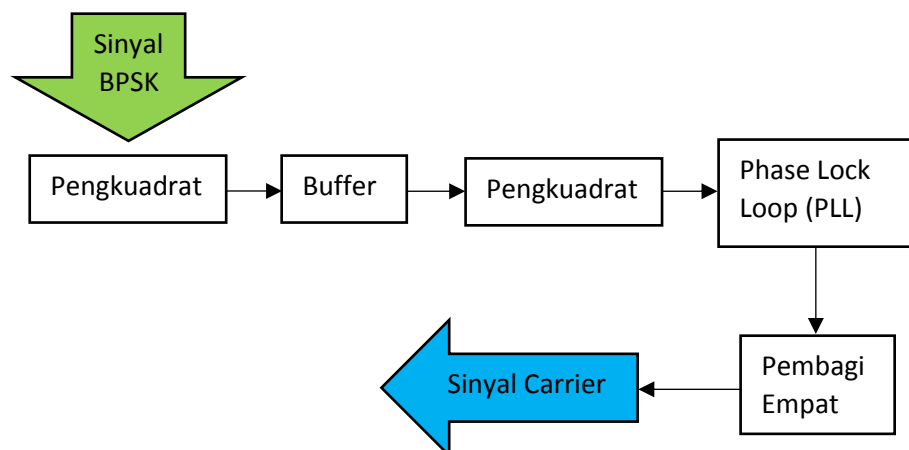


**Gambar II.3** Konsep Modulasi BPSK

## II.3.4 Demodulasi Binary PSK

### II.3.4.1 *Carrier Recovery*

Metode yang paling banyak digunakan untuk pemulihan sinyal pembawa adalah *squaring loop*.



**Gambar II.4** Diagram Blok *Carrier Recovery*

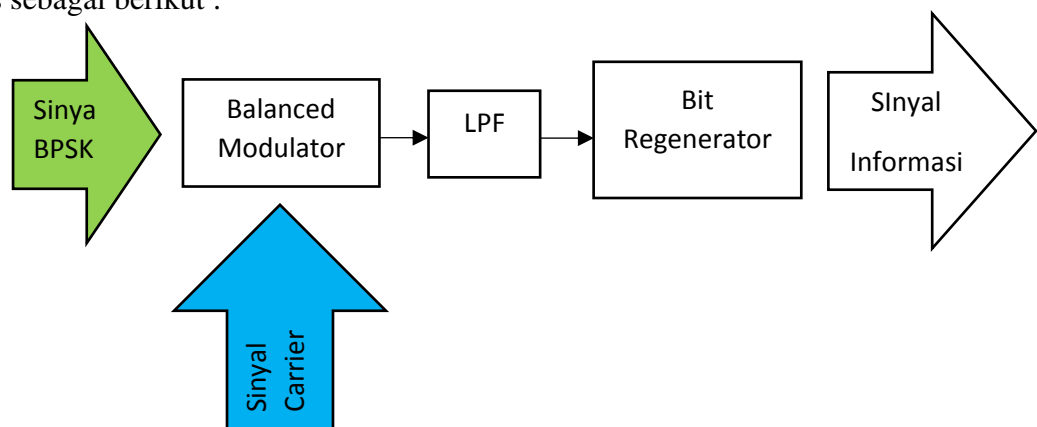
Pada sinyal BPSK terdapat dua keluaran fasa yang mungkin :  $A \sin \omega_c t$ , dan  $-A \sin \omega_c t$ . Secara matematis, operasi pemangkat empat adalah sebagai berikut :

Untuk sinyal  $A \sin \omega_c t$ , keluaran pengkuadrat pertama dari pemangkat empat adalah:

$$\begin{aligned}\text{keluaran} &= (\pm A \sin \omega_c t)^2 \\ &= A^2 \sin^2(\omega_c t) \\ &= \frac{1}{2} A^2 (1 - \cos 2(\omega_c t)) \\ &= \frac{1}{2} A^2 - \frac{1}{2} A^2 \cos 2\omega_c t\end{aligned}$$

Dapat dilihat bahwa keluaran dari pengkuadrat pertama, sinyal yang dengan dua kali frekuensi pembawa  $\frac{1}{2} A^2 - \frac{1}{2} A^2 \cos 2\omega_c t$  dari pengkuadrat pertama ini juga terdapat komponen dc. Kemudian sinyal tersebut diberi *low pass filter* untuk menghilangkan komponen dc, maka didapatkan persamaan  $\cos 2\omega_c t$ .

Setelah carrier dibentuk, sinyal carrier tersebut menjadi masukan balanced demodulator untuk dilakukan proses demodulasi sinyal informasi BPSK, dengan proses sebagai berikut :



**Gambar II.5** Diagram Blok Demodulator BPSK

Terdapat dua kemungkinan sinyal BPSK yang masuk ke balanced demodulator. Yaitu sinyal BPSK  $\sin \omega_c t$  dan  $-\sin \omega_c t$ , maka pada balanced demodulator sinyal tersebut akan dikalikan dengan sinyal pembawa  $\sin \omega_c t$ . Keluaran dari balanced demodulator adalah:

$$\text{Logika 1} = (\cos \omega_c t) \cdot \cos \omega_c t$$

$$= \cos^2 \omega_c t$$

$$= \frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega_c t)$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\omega_c t$$

$$= \frac{1}{2} V_{dc} (\text{logika 1})$$

$$\text{Logika 0} = (-\cos \omega_c t) \cdot \cos \omega_c t$$

$$= -\cos^2 \omega_c t$$

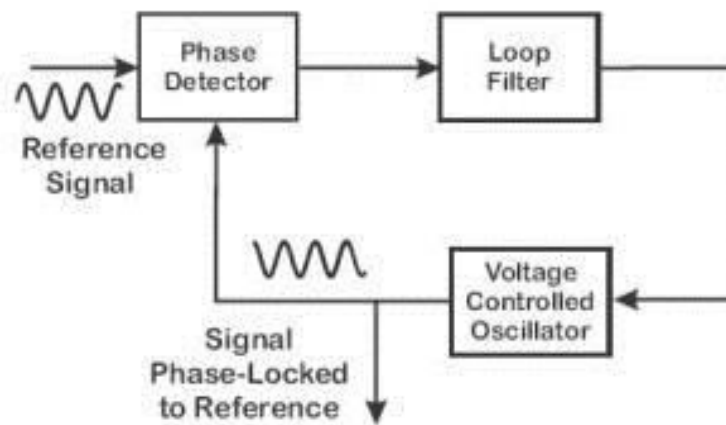
$$= \frac{1}{2} (-1 + \cos 2\omega_c t)$$

$$= -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\omega_c t$$

$$= -\frac{1}{2} V_{dc} (\text{logika 0})$$

### II.3.5 Phase Locked Loop

PLL adalah suatu sistem kendali umpan balik negatif (*negative feedback*), dimana secara otomatis akan menyesuaikan fasa dari suatu sinyal yang dibangkitkan di sisi keluaran dengan suatu sinyal dari luar di sisi masukannya, dengan kata lain, PLL akan menghasilkan sinyal keluaran dengan frekuensi yang sama dengan sinyal masukan[10]. Blok diagram dasar dari suatu PLL ditunjukkan pada Gambar II.6 Blok Diagram Dasar PLL berikut.



**Gambar II.6** Blok diagram dasar PLL (<https://konversi.wordpress.com>)

Dari blok diagram pada Gambar II.6 Blok Diagram Dasar PLL diatas terlihat tiga buah blok utama penyusun PLL. Masing-masing blok akan dipaparkan sebagai berikut:

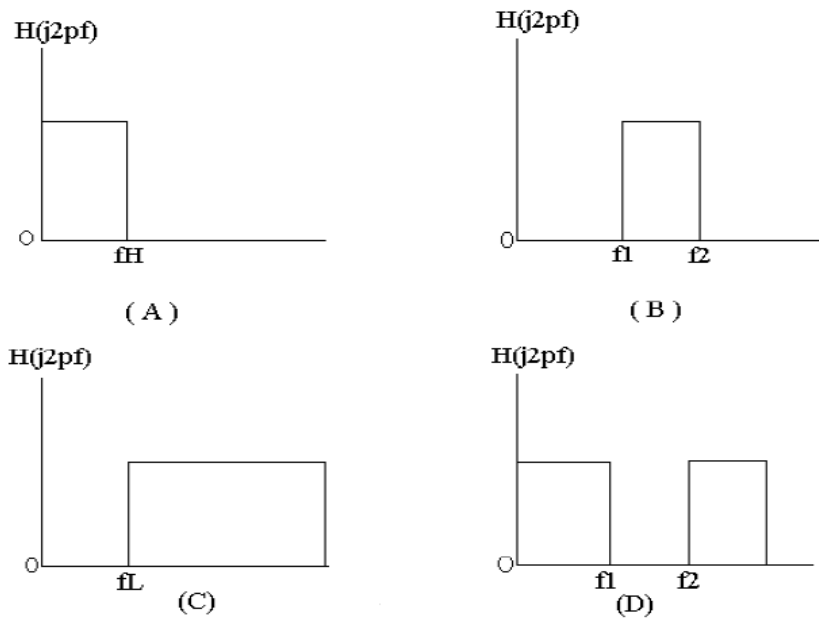
1. *Phase Detector* (PD), merupakan suatu unit non-linear yang membandingkan fasa keluaran PLL dengan fasa sinyal referensi. Keluaran PD adalah galat (selisih) fasa antara sinyal masukan dan keluaran.
2. *Loop Filter* (LF), umumnya adalah *low pass filter* yang berfungsi untuk meredam sinyal frekuensi tinggi keluaran dari PD sehingga memberikan tegangan control dc yang bagus ke bagian VCO. LF akan bekerja dengan baik akibat adanya proses *low pass filter* yang ada didalamnya.
3. *Voltage Controlled Oscillator* (VCO), merupakan unit non-linear yang akan membangkitkan suatu sinyal dimana frekuensinya ditentukan oleh besarnya tegangan control di masukan VCO.

## II.3.6 Aplikasi Operasional *Amplifier* (Op-Amp)

### II.3.6.1 Filter Aktif

*Filter* aktif RC adalah rangkaian pemilah frekuensi yang komponen-komponen pasifnya terdiri dari tahanan (R), kapasitor (C) dan Op-Amp sebagai komponen aktifnya. Tidak digunakannya induktor (L) merupakan suatu keuntungan karena menggunakan *space* yang cukup besar sehingga sebaiknya dihindari. Ada empat jenis *filter* yang

mempunyai tanggapan frekuensi ideal seperti ditunjukkan pada dibawah ini:



**Gambar II.7** Respon Ideal *Filter* Aktif [11]

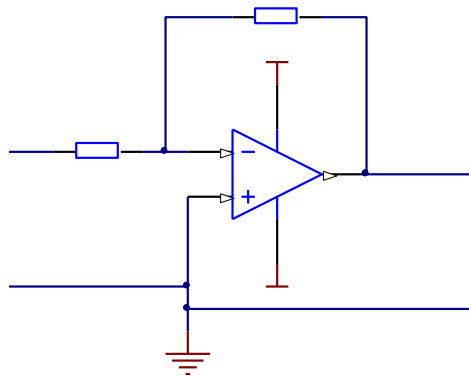
Respon frekuensi *filter* ideal tersebut ialah dari jenis:

- Low Pass*, keluaran *filter* yang dinyatakan oleh  $H(j2\pi f)$  muncul untuk frekuensi-frekuensi rendah, dalam gambar ditunjukkan dari frekuensi nol sampai frekuensi batas atas  $f_H$ .
- Band Pass*, keluaran *filter* yang dinyatakan oleh  $H(j2\pi f)$  muncul untuk frekuensi-frekuensi antara frekuensi batas bawah  $f_1$  dan frekuensi batas atas  $f_2$ .
- High Pass*, keluaran *filter* yang dinyatakan oleh  $H(j2\pi f)$  muncul untuk frekuensi-frekuensi antara frekuensi batas bawah  $f_L$  dan frekuensi batas atas tak terhingga.
- Band Rejection*, keluaran *filter* yang dinyatakan oleh  $H(j2\pi f)$  tidak muncul untuk frekuensi-frekuensi antara frekuensi batas bawah  $f_1$  dan frekuensi batas atas  $f_2$ .

Pada kenyataannya, tanggapan frekuensi sebuah *filter* tidak seideal seperti yang ditunjukkan pada **Gambar II.7** Respon Ideal Filter Aktif. Tanggapan  $H(j2\pi f)$  tidak tetap besarnya, nilai yang bervariasi ini dinamakan *ripple*[11].

### Filter Aktif Orde Pertama

Secara umum, rangkaian *filter* aktif orde pertama terlihat seperti pada **Gambar II.8** Rangkaian Filter Orde Pertama Secara Umum dibawah ini.



**Gambar II.8** Rangkaian Filter Orde Pertama Secara Umum

Komponen yang dipilih menjadi impedansi  $Z_i$  dan  $Z_f$  akan menentukan apakah *filter* akan bersifat *lowpass* atau *highpass*, akan tetapi salah satu dari komponen impedansi tersebut harus bersifat reaktif. Untuk dapat mengetahui apakah *filter* bersifat *lowpass* atau *highpass* melalui perhitungan, perlu diingat kembali bahwa pada modul Op-Amp, fungsi transfer dari sebuah Op-Amp dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H(\omega) = \frac{V_o}{V_i} = - \frac{Z_f}{Z_i} \dots$$

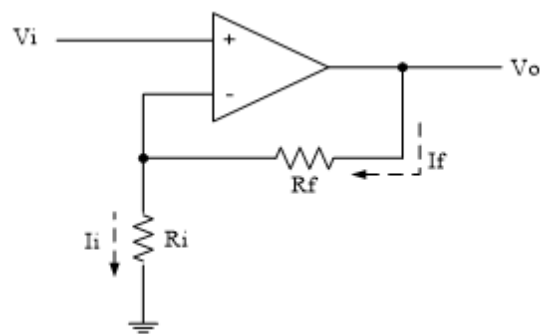
Setelah mendapat fungsi transfer dari rangkaian *filter*, perlu diketahui spesifikasi dari *filter*, yaitu saat frekuensi berapa saja *filter* ini melewatkan atau menahan sinyal. Frekuensi dimana *filter* mulai menahan ataupun melewatkan sinyal disebut sebagai frekuensi *cut-off*. Frekuensi *cut-off* terjadi pada saat

$$\frac{P_o}{P_i} = \frac{1}{2} \max \text{ atau } \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{\sqrt{2}} \max \dots$$



### II.3.6.2 Penguat tak membalik (Non-Inverting Amplifier)

Penguat Tak-Membalik (Non-Inverting Amplifier) merupakan penguat sinyal dengan karakteristik dasar sinyal output yang dikuatkan memiliki fasa yang sama dengan sinyal input. Penguat tak-membalik (non-inverting amplifier) dapat dibangun menggunakan penguat operasional, karena penguat operasional memang didesain untuk penguat sinyal baik membalik ataupun tak membalik. Rangkaian penguat tak-membalik ini dapat digunakan untuk memperkuat isyarat AC maupun DC dengan keluaran yang tetap sefase dengan sinyal inputnya. Impedansi masukan dari rangkaian penguat tak-membalik (non-inverting amplifier) berharga sangat tinggi dengan nilai impedansi sekitar 100 MOhm. Contoh rangkaian dasar penguat tak-membalik menggunakan operasional amplifier (Op-Amp) dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar II.9** Rangkaian Penguat tak membalik

Rangkaian diatas merupakan salah satu contoh penguat tak-membalik menggunakan operasional amplifier (Op-Amp) tipe 741 dan menggunakan sumber tegangan DC simetris. Dengan sinyal input yang diberikan pada terminal input non-inverting, maka besarnya penguatan tegangan rangkaian penguat tak membalik diatas tergantung pada harga  $R_i$  dan  $R_f$  yang dipasang. Besarnya penguatan tegangan output dari rangkaian penguat tak membalik diatas dapat dituliskan dalam persamaan matematis sebagai berikut.

$$v_- = v_+ = v_{in} \quad (1)$$

$$i_f = \frac{v_{out} - v_-}{R_f} = \frac{v_{out} - v_{in}}{R_f} \quad (2)$$

$$i_{in} = \frac{v_{in} - v_-}{R_{in}} = \frac{0 - v_{in}}{R_{in}} = -\frac{v_{in}}{R_{in}} \quad (3)$$

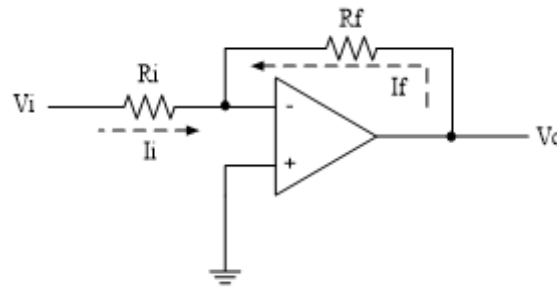
Substitusi persamaan (1) dan (2) ke persamaan (sehingga) diperoleh :

$$\frac{v_{out} - v_{in}}{R_f} = \frac{v_{in}}{R_{in}} \quad (4)$$

$$v_{out} = \left( \frac{R_f}{R_{in}} + 1 \right) v_{in} \quad (5)$$

### II.3.6.3 Penguat Membalik (Inverting Amplifier)

Rangkaian untuk penguat inverting adalah seperti yang ditunjukkan **Gambar II.10**.



**Gambar II.10** Rangkaian Penguat Inverting

Penguat ini memiliki ciri khusus yaitu sinyal keluaran memiliki beda fasa sebesar  $180^\circ$ . Pada rangkaian penguat yang ideal memiliki syarat bahwa tegangan masukan sama dengan 0 dan impedansi masukan tak terhingga. Sehingga dari rangkaian tersebut dapat diperoleh rumus penguat adalah sebagai berikut :

$$i_{in} + i_f = i_- \quad (7)$$

Dimana  $i_- = 0$ , maka

$$i_f = -i_{in} \quad (8)$$

$$i_f = \frac{v_{out} - v_-}{R_f} = \frac{v_{out} - 0}{R_f} = \frac{v_{out}}{R_f} \quad (9)$$

$$i_{in} = \frac{v_{in}-v_-}{R_{in}} = \frac{v_{in}-0}{R_{in}} = \frac{v_{in}}{R_{in}} \quad (10)$$

Substitusi persamaan (9) dan (10) ke persamaan (8) sehingga diperoleh :

$$\frac{v_{out}}{R_f} = \frac{v_{in}}{R_{in}} \quad (11)$$

$$v_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}} v_{in} \quad (12)$$

Tanda (-) negatif menunjukkan terjadi pembalikan pada keluarannya atau memiliki beda fasa sebesar 180° dengan masukannya.