

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### **2.1 Engine Indicating System**

EICAS adalah sebuah sistem terintegrasi yang digunakan dalam pesawat modern untuk menyediakan awak pesawat dengan data mesin pesawat dan sistem instrumentasi lain. EICAS dilengkapi dengan "rekomendasi tindakan perbaikan" atau disebut dengan *checklist*.

EICAS meliputi instrumentasi berbagai parameter mesin, termasuk putaran per menit, nilai suhu, arus dan kuantitas bahan bakar, tekanan *Fluid* dan lain-lain. Keunikan sistem pesawat yang dipantau oleh EICAS adalah misalnya *hydraulic*, pneumatik, listrik, de-icing permukaan kontrol sistem. EICAS juga memiliki konektivitas yang tinggi, serta menyediakan akuisisi data dan routing.

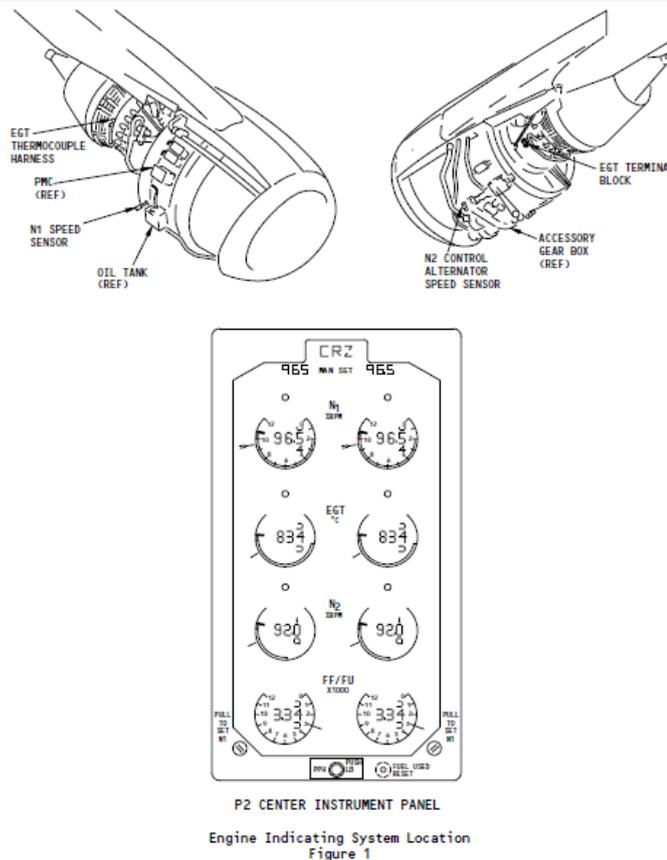
Fungsi utama dari EICAS adalah sistem kaca kokpit, yang menggantikan semua alat pengukur analog dengan menampilkan elektronik *software-driven*. Beberapa area layar digunakan untuk navigasi dan orientasi *display*, dimana salah satu layar disisihkan khusus untuk EICAS.

Pada dasarnya *engine indicating system* adalah sistem yang menggunakan tekanan, *compressor rotor speed*, dan temperature gas buang sebagai cara untuk memonitor kinerja *engine*. Sistem indikasi terbagi menjadi dua kategori, yaitu daya dan temperature. Kategori daya terdiri dari sebuah *engine pressure ratio* dan *high and low pressure compressor rotor tachometer systems*. Sementara kategori temperature terdiri dari *exhaust gas temperature system*.

Sistem *pressure ratio* bekerja dengan cara mendeteksi tekanan differensial antara *inlet air* dan *exhaust gas pressure*. *Pressure ratio* ditunjukkan di indicator pada *flight compartment*.

*High and low pressure compressor rotor speeds* ditunjukkan oleh indikator dalam bentuk persentase di *flight compartment*. Setiap indikator sistem mendapatkan daya dari sebuah *engine-driven tachometer generator*.

*Engine exhaust gas temperature dideteksi oleh delapan tachometer probe yang terpasang pada saluran pembuangan. Rata-rata dari temperatur gas buang ditunjukkan pada indikator tipe null-balanced di flight compartment.*



**Gambar 2.1** *Engine indicating system* [2]

### 2.1.1 *Pressure ratio system*

*Pressure Ratio system* terdiri dari sebuah *pressure ratio transmitter*, sebuah indikator, *inlet pressure sensing probe*, dan enam *turbine exhaust probes*.

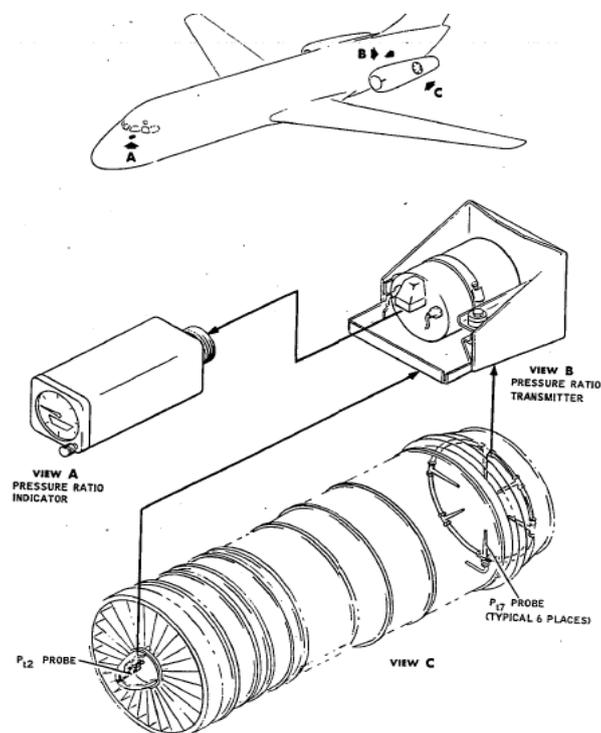
*Pressure ratio transmitter* terpasang di bagian belakang dari *accessory compartment* pesawat dan berfungsi untuk mengukur tekanan *inlet* dan *exhaust*, serta memperkirakan rasio tekanan dimana digunakan untuk menghasilkan hasil kinerja *engine* dengan efisiensi yang maksimal. *Transmitter* ini terdiri dari 2 *aneroid bellow*, sebuah unit pengukur keseimbangan tekanan, sebuah *followup motor* and *gear train*, dan sebuah *transmitter synchro*.

*Pressure ratio indicator* terpasang pada *flight compartment* menyediakan sebuah hasil dari rasio tekanan di *inlet* dan *exhaust engine*. Indikator ini terdiri dari sebuah *receiver synchro*, angka dan penunjuk, *adjustable index bug and counter*, dan sebuah *external set knob*.

*Inlet pressure sensing probe* terpasang pada *inlet bullet* berfungsi untuk mendeteksi *inlet total pressure*. *The probe* berada pada bagian depan dari *inlet bullet* dan dapat dilepas secara terpisah.

Enam *turbine exhaust probes* terpasang di *engine turbine discharge case*, berfungsi untuk mendeteksi *primary exhaust total pressure*. *Probe* ini saling terhubung dengan sebuah *manifold*. Sebuah *external connection* untuk *manifold* berada di sisi dari *engine*.

*Ram air temperature indicator* terpasang di *flight compartment*, berfungsi untuk menunjukkan *ram air temperature* dan *engine pressure ratio* yang digunakan untuk mengatur gaya dorong yang dibutuhkan pesawat dalam berbagai kondisi. Indikator ini terdiri dari sebuah *servo operated resistance bridge system*, dan sebuah penunjuk tiga skala dengan dua penunjuk.

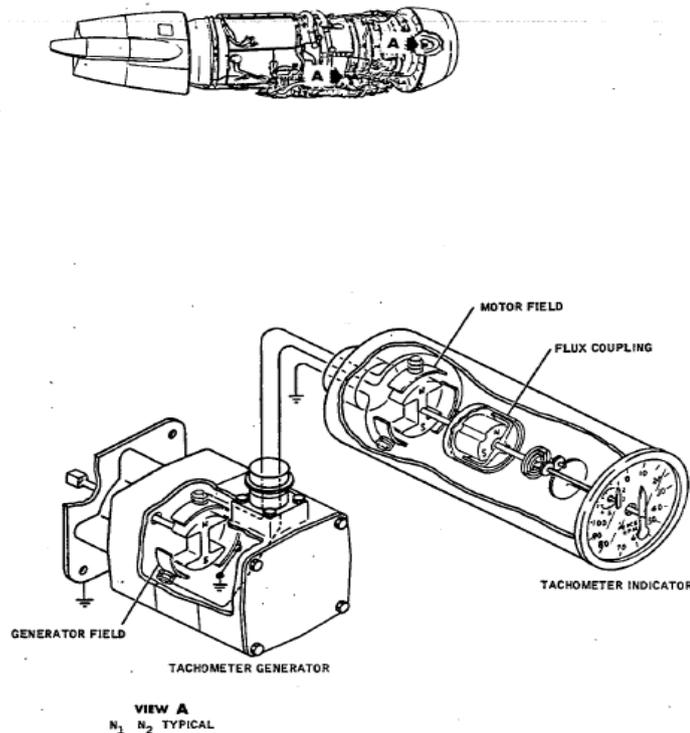


**Gambar 2.2** *Pressure ratio system* [2]

### 2.1.2 Tachometer system

*Tachometer system* pada setiap *engine* terdiri dari *high pressure compressor rotor tachometer system* dan *low pressure compressor rotor tachometer system*. Setiap sistem terdiri atas sebuah *tachometer generator* yang terpasang di *engine* dan sebuah indikator yang terpasang ditengah *instrument panel* pada *flight compartment*.

*Tachometer generator* adalah motor yang bergerak secara *mechanical* sebanyak tiga fase. Sementara *tachometer indicator* terdiri dari sebuah *synchronous motor* dengan *magnetic coupling* untuk sebuah mekanisme indikasi. *Synchronous motor* digerakan oleh *output generator tiga fase*. Sebuah torsi setara dengan kecepatan motor diaplikasikan kepada mekanisme indikasi melalui *magnetic coupling*.



**Gambar 2.3** Tachometer system [2]

### 2.1.3 Exhaust gas temperature

*Exhaust gas temperature system* terdiri atas sebuah indikator temperature gas buang, sebuah resistor penyeimbang *thermocouple*, delapan *thermocouple probes*, sebuah *averaging harness*, dan sebuah *thermocouple junction block*.

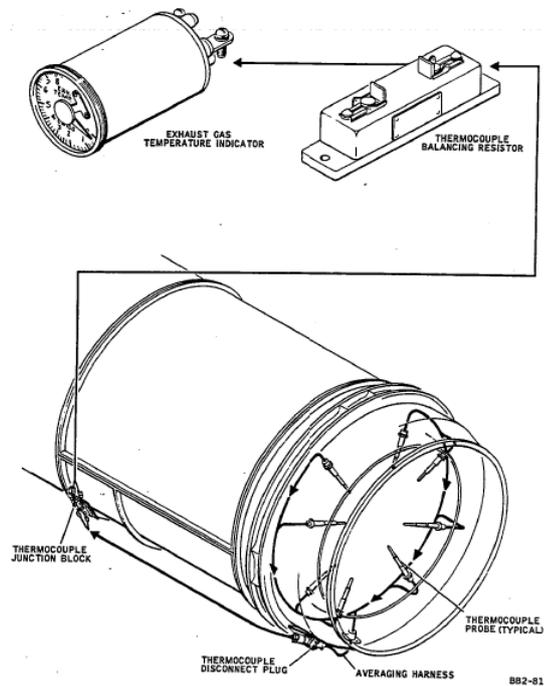
Indikator temperatur gas buang berada di bagian tengah dari instrument panel di *flight compartment*.

*Thermocouple balancing resistor* untuk kedua *engine* terletak pada bagian kanan dari *forward lower cargo compartment*. Resistor ini berfungsi untuk mengatur resistansi eksternal EGT. Sistem EGT diatur untuk bekerja pada resistansi total sebesar 15 *ohm* dengan temperatur sebesar 21° Celcius.

*Thermocouple probes* terletak di *turbine inner rear case* dan memanjang hingga saluran pembuangan. *Thermocouple junction block* terletak pada bagian kiri belakang dari *engine*.

Kawat yang digunakan pada sistem ini meliputi kawat tembaga (positif dan berkode merah) dan kawat *constantan* (negatif dan berkode kuning) digunakan untuk indikator didalam *flight compartment* menuju ke *engine disconnect plug* pada *pylon firewall*. Sementara kawat *chromel* (*non-magnetic*, positif, dan berkode putih) dan kawat *alumel* (*magnetic*, negatif, dan berkode hijau) digunakan pada *disconnect plug* sampai ke *thermocouple junction block* di *engine*, dan dari *junction block* sampai ke *thermocouples*.

*Tachometer system* pada setiap *engine* terdiri dari *high pressure compressor rotor tachometer system* dan *low pressure compressor rotor tachometer system*. Setiap sistem terdiri atas sebuah *tachometer generator* yang terpasang di *engine* dan sebuah indikator yang terpasang ditengah *instrument panel* pada *flight compartment*.



**Gambar 2.4** Exhaust gas temperature system [2]

#### 2.1.4 Exhaust gas temperature (EGT) indikator

Indikator pada *exhaust gas temperature* mempergunakan tipe *moving coil* atau *moving magnet*. *Coil* tersebut apabila mendapat arus listrik hasil dari perbedaan temperatur antara *hot junction* dan *cold junction* akan menggerakkan *pointer* dan untuk mengimbangi gerakan ini digunakan dua buah *phosphor bronze spring* (*control spring*) sehingga *pointer* berhenti menunjuk pada posisi tertentu ketika kedua gaya yang berlawanan antara *coil* dan *spring* dalam keadaan seimbang. *Control spring* juga mempunyai fungsi untuk menghantarkan arus ke *coil*. Skala pada indikator yaitu 0 °C-1000 °C atau 0 °F-1832 °F.



**Gambar 2.5** Exhaust Gas Temperature Indicator tipe moving coil [6]

### 2.1.5 Penggunaan exhaust gas temperature (EGT)

Penggunaan Exhaust Gas Temperature biasanya digunakan pada:

1. Sebagian besar pesawat piston ringan masih memiliki kendali pencampuran bahan bakar secara manual, sehingga pilot menggunakan pengukur EGT untuk mengatur campuran bahan bakar-udara yang optimal untuk ketinggian penerbangan dan daya kepadatan bahan bakar. Suhu kepala silinder terpanas (CHT) dan tekanan silinder internal tertinggi terjadi sekitar 50 °F (10 °C), ketika EGT mencapai puncak, terdapat resiko predetonasi, sehingga penting untuk menghindari kisaran suhu tersebut. Campuran yang lebih maksimal menghasilkan penghematan bahan bakar yang signifikan, tetapi dapat mengakibatkan pengoperasian yang kasar pada mesin karburet atau mesin injeksi bahan bakar yang disetel dengan buruk.
2. Meter EGT digunakan untuk menyatel mobil yang dilengkapi turbo. Jika sensor dipasang pada *manifold collector* didepan turbo, maka temperatur masuk turbin dapat dimonitor. Jika sensor dipasang dibelakang turbo, maka suhu knalpot bisa dipantau. Karena EGT biasanya turun 200–300 °F (110–170 °C) di seluruh turbin, maka

pemasangan termokopel dilakukan sedekat mungkin dengan kepala silinder untuk memberikan pembacaan yang benar reaksi yang lebih cepat terhadap kondisi mesin dibandingkan dengan instalasi dibelakang turbo.

3. Mesin berpendingin udara, seperti yang digunakan di mobil Volkswagen atau Porsche dapat mengalami kerusakan karena panas berlebih. Pengukur suhu gas buang dapat berfungsi untuk mendeteksi hal ini.

### **2.1.6 Thermocouple**

*Thermocouple* atau dalam bahasa Indonesia disebut termokopel adalah sebuah alat yang mendeteksi atau sensor suhu. *Thermocouple* digunakan untuk banyak keperluan, mulai dari keperluan industri hingga rumah tangga.

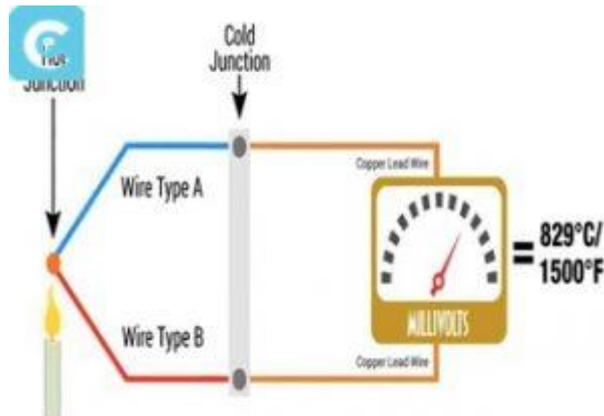
Thermocouple pertama kali ditemukan pada Tahun 1821 dengan percobaan sebuah logam induktor. Thomas Johann Seebeck meletakkan sebuah logam konduktor dan diberi perbedaan panas secara gradient dan kemudian menghasilkan listrik. Perbedaan tegangan listrik yang terjadi antara dua persimpangan logam disebut efek Seebeck.

*Thermocouple* adalah suatu jenis sensor suhu yang mendeteksi dan mengukur suhu melalui dua buah logam konduktor yang berbeda. Ujung dari kedua logam tersebut kemudian didekatkan sehingga terjadi efek yang disebut dengan *Thermoelectric*.

Termokopel menjadi populer dan banyak digunakan pada berbagai macam rangkaian elektronika ataupun peralatan listrik yang ada kaitannya dengan suhu. Termokopel yang memiliki respon cepat pada perubahan suhu dan tahan terhadap guncangan menjadi salah satu alasan termokopel lebih populer dibanding sensor suhu lainnya. Termokopel memiliki rentang suhu operasional yang luas, mulai dari -200 derajat celcius sampai dengan 2.000 derajat celcius.

### 2.1.7 Prinsip kerja *thermocouple*

*Thermocouple* memiliki prinsip kerja yang sederhana, dua logam konduktor yang berbeda dihubungkan pada ujung logam. Satu logam sebagai referensi referensi dengan suhu konstan (tetap), dan logam yang lain berfungsi untuk mendeteksi suhu panas.



**Gambar 2.6** Prinsip Kerja *Thermocouple* [6]

Dapat dilihat bahwa persimpangan alias *Junction* memiliki suhu yang sama. Tidak terjadi perbedaan nilai potensial atau tegangan listrik pada persimpangan ketika tidak ada perbedaan suhu. Namun pada saat persimpangan tersebut diberikan suhu panas, maka terjadi perbedaan suhu diantara persimpangan tersebut atau bisa dikatakan muncul tegangan listrik. Nilai beda potensial atau tegangan listrik yang dihasilkan sebanding dengan suhu atau panas yang diterima oleh logam ( $V_1 - V_2$ ). Besar tegangan listrik yang muncul berkisar  $1 \mu\text{V}$  sampai  $70 \mu\text{V}$  tiap derajat celciusnya. Besarnya tegangan yang dihasilkan kemudian dikonversikan ke dalam pengukuran yang lebih mudah dipahami.

### 2.1.8 Jenis – jenis *thermocouple*

Berikut jenis – jenis *Thermocouple* berdasarkan jenis bahan, rentang suhu dan standar internasional yang berlaku :

1. Thermocouple Tipe E

Bahan Logam Positif : Nickel Chromium

Bahan Logam Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $900^{\circ}\text{C}$



**Gambar 2.7** Termokopel tipe E [6]

## 2. Thermocouple Tipe J

Bahan Logam Positif : Iron (Besi)

Bahan Logam Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $750^{\circ}\text{C}$



**Gambar 2.8** Termokopel tipe J [6]

## 3. Thermocouple Tipe K

Bahan Logam Positif : Nickel Chromium

Bahan Logam Negatif : Nickel Aluminium

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $1250^{\circ}\text{C}$



**Gambar 2.9** Termokopel tipe K [6]

4. Thermocouple Tipe N

Bahan Logam Positif : Nicrosil

Bahan Logam Negatif : Nisil

Rentang Suhu :  $0^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $1250^{\circ}\text{C}$



**Gambar 2.10** Termokopel tipe N [6]

5. Thermocouple Tipe T

Bahan Logam Positif : Copper (Tembaga)

Bahan Logam Negatif : Constantan

Rentang Suhu :  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $350^{\circ}\text{C}$



**Gambar 2.11** Termokopel tipe T [6]

6. Thermocouple Tipe U

Bahan Logam Positif : Copper (Tembaga)

Bahan Logam Negatif : Copper Nickel

Rentang Suhu:  $0^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $1450^{\circ}\text{C}$



**Gambar 2.12** Termokopel tipe U [6]

## 2.2 Dasar-dasar Pemilihan Bahan

Untuk menghasilkan alat yang berkualitas maka diperlukan pemilihan bahan-bahan dari alat yang akan dibuat. Apakah bahan tersebut memenuhi kebutuhan baik dari segi dimensi, bentuk dan kegunaan untuk menghasilkan alat yang baik. Hasil pemilihan tersebut akan menentukan hasil akhir dari alat tersebut. Sehingga dalam pemilihan bahan-bahan tersebut perlu diperhatikan hal-hal berikut:

### A. Fungsi dari komponen

Dalam pembuatan alat, fungsi-fungsi komponen tertentu perlu diperhatikan dan disesuaikan sesuai dengan kebutuhan. Selain itu pada bagian yang memerlukan hambatan lebih kecil atau positif dan negatif diperlukan bahan yang sesuai, oleh karena itu pemilihan bahan perlu disesuaikan dengan fungsinya.

### B. Sifat kelistrikan bahan

Dalam pemilihan bahan perlu diketahui sifat kelistrikan dari bahan tersebut, sehingga akan menghasilkan ketepatan dalam hasil akhir alat yang telah selesai. Sifat-sifat yang perlu diperhitungkan antara lain hambata, positif dan negatif, serta arus listrik yang dapat dihantarkan bahan tersebut.

### C. Sifat fisis bahan

Sifat ini perlu diperhitungkan untuk menghasilkan alat yang awet dan tahan lama sesuai dengan tujuan alat yaitu sebagai media pembelajaran. Sifat ini diantaranya adalah ketahanan terhadap korosi, ketahanan terhadap panas, konduktor maupun isolator.

### D. Keterjangkauan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan alat perlu memiliki keterjangkauan baik dalam segi harga maupun akses bahan. Hal ini akan mempermudah proses pengembangan alat menjadi lebih baik dan lebih mudah untuk dilakukan.

### 2.3 Rumus-rumus Yang Digunakan

#### A. Luas persegi panjang

Perhitungan luas persegi panjang dilakukan untuk mengukur luas papan *plywood* yang akan digunakan serta luas lubang untuk *heat gun*.

Rumus:

$$L = P \times l \text{ (mm}^2\text{)} \quad (2.1)$$

L: Luas persegi panjang (mm<sup>2</sup>)

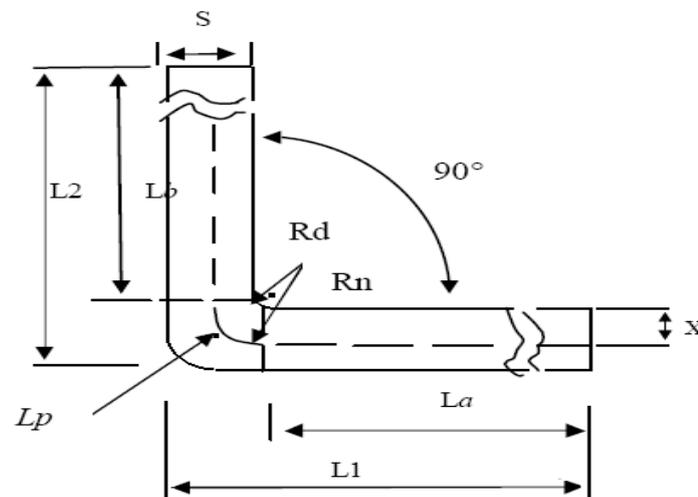
P: Panjang (mm)

l: Lebar (mm)

#### B. Perhitungan lekukan

Perhitungan lekukan adalah rumus yang digunakan untuk melakukan pelekukan pada plat metal.

Rumus:



**Gambar 2.13** Ilustrasi perhitungan lekukan [7]

$$L = La + Lb + Lp \quad (2.2)$$

$$Lp = \frac{Rn \cdot \pi \cdot \alpha^\circ}{180} \quad (2.3)$$

$$Rn = Rd + X \quad (2.4)$$

$$La = Lb = L1 - (Rd + S) \quad (2.5)$$

L: Panjang bahan sebelum penekukan

Lp: *Bend allowance* (pertambahan panjang tekukan)

S: Tebal bahan

Rn: Jari – jari dari titik pusat ke sumbu radius

Rd: Jari – jari dari busur dalam

S: tebal plat / batang

C: Koefisien bengkokan yang tergantung dari bahan yang digunakan

X = Jarak antara jari – jari dalam Rd dan sumbu netral x

$\alpha$  = Sudut tekukan