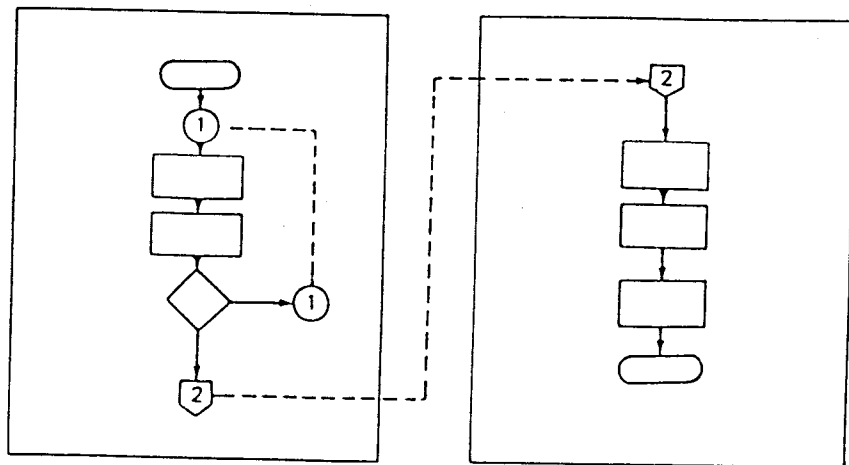


MILIK UPT PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
TANGGAL MASUK :	25-4-99
SUMBER / NO :	H /
KODE :	KI
KETERANGAN :	270/K 199-240(2)
REVISI :	629.8 wak mo

MAKALAH

**MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PERENCANAAN
BANTALAN POROS SPT OTOMOBIL DENGAN
PROGRAM KOMPUTER BASIC**



OLEH

DRS. WAKHINUDDIN S, MPD

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN

IKIP PADANG

1999

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Allah SWT yang tiada terhingga akhirnya selesai juga penulisan makalah ini.

Perencanaan suatu elemen mesin dengan manual, tanpa mesin hitung, menghasilkan perencanaan yang tidak teliti, tidak tepat (presisi), makan waktu lama, dan lembaran kertas kerja banyak, berbeda dengan menggunakan program komputer bahasa BASIC, program ini menghasilkan perencanaan yang teliti tepat, waktu singkat dan hasilnya hanya dua lembar.

Bantalan pada suatu pemindah tenaga otomobil setiap kerja mengalami beban besar dan fluktuasi, bantalan yang mempunyai sifat demikian tentu di arus dihasilkan dengan perencanaan yang baik. Paket program komputer perencanaan bantalan SPT Otomobil dikembangkan dari program bahasa tingkat tinggi (high-level languages) BASIC, bahasa BASIC memiliki keunggulan seperti ke presisi ganda dan pustaka fungsi matematis memadai. Subjek elemen mesin dikembangkan dari buku-buku elemen mesin, untuk memadu bahasa komputer BASIC dengan rumus - rumus elemen mesin digunakan pendekatan Metode Numerik. Dari perpaduan ini didapat satu paket program perencanaan bantalan SPT Otomobil.

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mendapatkan perencanaan bantalan SPT yang mempunyai efektivitas yang tinggi, dan diharapkan juga para perencanaan dan pemakai bantalan dapat memakai paket program ini.

Penulis mengakui bahwa makalah ini masih mempunyai keterbatasan, karena itu penulis dengan senang hati menerima sumbangan pemikiran dari pembaca demi kesempunaannya. Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulisan makalah ini

Padang, Januari 1999.

Penulis.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan	3
C. Pembahasan	4
1. Cara Prinsip-prinsip Perencanaan	4
2. Hal-hal penting dalam perencanaan bantalan	6
3. Bantalan SPT Otomobil	7
4. Diagram Alir	9
5. Pendekatan Antara Disiplin Ilmu	12
6. Kaitan Antara Algoritma dan Rumus	13
7. Menggunakan Paket Program	19
8. Perbandingan Hasil Paket Program Komputer BASIC Dengan Hasil Cara Manual	24
D. Kesimpulan dan saran	25
Daftar Pustaka	26
Lampiran	

MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PERENCANAAN BANTALAN POROS SPT OTOMOBIL DENGAN PROGRAM KOMPUTER BASIC

oleh
DRS. WAKHINUDDIN S, MPD

A. Latar Belakang

Mekanisme pemindah tenaga yang dihasilkan motor (engine) untuk menggerakkan otomobil (kendaraan bermotor roda empat) hingga dapat berjalan, disebut Sistem pemindah tenaga (SPT). SPT terdiri atas Kopling (clutch), Transimisi, Poros propeller, Universal joint, Diffrensial, dan Poros roda; dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *Power train*. Komponen ini secara umum berfungsi memindahkan tenaga dalam bentuk putaran.

Mobil bergerak tentu membutuhkan tenaga, tenaga yang digunakan untuk bergerak tidaklah selalu sama, karena sangat tergantung pada kondisi percepatan dan beban yang dialami mobil saat itu. Flukstuasi tenaga tersebut menuntut adanya bantalan yang baik, bantalan yang baik didapat dari perencanaan matang.

Sejalan dengan kemajuan kualitas teknologi otomotif, maka kebutuhan akan kemampuan bantalan menerima beban dan umur panjang suatu bantalan semakin diharapkan. Sebagai akibat beban, tahanan jalan, dan kecepatan kendaraan, bantalan SPT menerima beberapa jenis gaya, yaitu gaya aksial, vertikal, dan radial.

Secara umum kerja bantalan menumpu poros berbeban, sehingga putaran dapat berlangsung secara halus dan aman. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi sistem atau komponen lainnya akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya. Fungsi bantalan dalam permesinan dapat disamakan dengan pondasi pada bangunan gedung.

Sebegitu pentingnya fungsi bantalan tersebut, maka bantalan perlu direncanakan dengan baik, ciri perencanaan yang baik diantaranya mempunyai ketelitian dan ketepatan/presisi yang tinggi. Para 'teknisi ahli' merencanakan suatu komponen mesin biasanya dengan perhitungan manual, kadang kala menggunakan kalkulator (mesin hitung). Pekerjaan manual mempunyai banyak kelemahan diantaranya: 1. Pemakaian desimal dalam perhitungan, 2. Pemakaian rumus yang kompleks atau terlalu panjang sering salah memasukan data, 3. Alur/struktur kerja sering kurang teratur/logis.

Untuk mengatasi kendala tersebut, dapat digunakan suatu program komputer di antaranya kelompok bahasa BASIC. Perangkat lunak (software) BASIC, mempunyai kelebihan seperti: 1. Memperbolehkan nama peubah panjang, 2. Presisi ganda, 3. Pustaka fungsi matematis yang memadai (Chapra, 1989:36). BASIC juga bebas-galat dan terandal, pemasukan data dapat dibuat interaktif sehingga mudah diketahui kesalahannya, begitu juga keluaran (output) data dapat dibuat dengan desimal perseribuan, ini berarti kesalahan (galat) perhitungan dapat terhindar.

Perencanaan dengan program BASIC pekerjaan harus dibuat terstruktur rapi sesuai dengan desain algoritma, yaitu rentetan (sequence) langkah logika yang diperlukan untuk melakukan suatu tugas, dan selalu diakhiri dengan tertutup (Closed-ended). Operasional algoritma dituangkan dalam bentuk diagram alir (flowcharting). Dengan karakter pekerjaan yang sedemikian rupa, akan mencapai hasil yang baik dan tak membutuhkan waktu yang lama.

Secara eksternal penggunaan program BASIC akan menghasilkan perencanaan yang efektif, artinya para pemakai bantalan atau perancang mesin tak perlu lagi menghitung secara manual, cukup saja memasukan data yang sesuai dengan keinginan, nantinya akan dihasilkan keluaran (output) program yang mengomentari sesuatu tentang permintaan atau

kriteria data yang dimasukkan, karena didalam program telah tersedia data jenis bantalan yang ada dipasaran. Dengan demikian makalah serta programnya ini bermanfaat buat para pemakai (user) bantalan, perancang mesin, dan mekanik (teknisi) mesin. Disamping itu bermanfaat juga buat programmer komputer yang ingin mengetahui fungsi lambang ANSI dan fungsi perintah (Command) program BASIC.

Makalah ini dibuat dan dikembangkan berbasis dari empat buku, yaitu BASIC oleh Alan (1981), Teori dan Aplikasi Program Komputer Bahasa BASIC oleh Yogyanto (1988), Metode Numerik oleh Chapra (1989), dan Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin oleh Sularso dan Kiyokatsu S (1980). Dari buku perangkat lunak BASIC yang diambil adalah prinsip-prinsip pemakaian bahasa BASIC untuk teknik (engineering), buku metode numerik dijadikan sebagai sumber penggunaan perhitungan teknik yang mengarah kepada pemakaian perangkat lunak (bahasa) komputer, dan buku Elemen Mesin merupakan sumber materi teori dan aplikasi bantalan poros; yang dalam kesempatan ini diambil pembahasan tentang bantalan poros, Difrensial (gardan) dan Transmisi (versneling).

Bersumber dari keempat buku ini ditambah beberapa buku lain, dapat dibuat suatu paket program komputer, yaitu perencanaan bantalan poros pada SPT otomobil. Pada makalah ini, disampaikan teori dan penggunaan bantalan poros SPT, juga disampaikan diagram alir dan perintah (command) bahasa BASIC untuk menjalankan formula sesuai teori bantalan poros. Di samping itu, disampaikan juga cara mengoperasikan paket program perencanaan bantalan poros ini.

B. Permasalahan

Kebutuhan akan bantalan poros dari waktu ke waktu selalu bertambah banyak sesuai dengan aktivitas penggunaan mesin-mesin konstruksi dan peralatan, termasuk penggunaan pada kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang selalu mengalami

perubahan kecepatan dan beban meminta kualitas bantalan poros yang baik. Kualitas yang tinggi didapat dari hasil perencanaan yang efektif.

Perencanaan dengan manual (dengan tangan) sering hasilnya kurang teliti, kurang presisi dan memakan waktu yang lama, berbeda dengan dengan pemanfaatan perangkat lunak (software) BASIC, dapat dipastikan menghasilkan produk yang presisi, bebas galat, sesuai dengan logika kerja, dan memakai waktu yang singkat. Kerja dan produk yang demikian sangat diharapkan orang yang ingin memakai bantalan poros. Dengan demikian dapat dikatakan, bahwa dengan memakai program komputer BASIC pekerjaan merencanakan poros bantalan SPT akan mencapai hasil yang optimum.

Selain itu, dengan memakai paket program yang dihasilkan dari memanfaatkan bahasa BASIC ini akan didapat suatu keputusan pemilihan bantalan yang tepat, sesuai antara teori dengan kondisi lapangan, sehingga kesalahan pemilihan bantalan poros SPT akan terhindar.

C. Pembahasan

1. Cara Prinsip-Prinsip Perencanaan

a. Uraian Teori Bantalan Poros

Sebelum membahas paket program bantalan BASIC dibahas lebih dulu tentang bantalan poros secara teoritis,

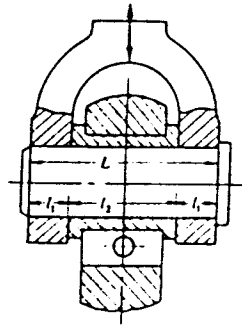
1) Klasifikasi bantalan

a) Atas dasar gerakan bantalan terhadap poros.

(1) Bantalan luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.

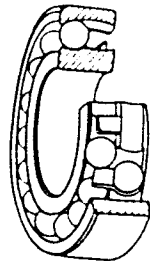
Pada gambar 1 berikut ini merupakan suatu contoh bantalan luncur.



Gambar 1: Bantalan luncur radial,
(Sularso,1978:104).

(2) Bantalan gelinding.

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola (peluru), rol jarum, dan dan rol bulat. pada gambar 2 berikut ini dapat disampaikan suatu contoh bantalan gelinding,



Gambar 2: Bantalan gelinding bola radial alur dalam baris tunggal,
(Sularso,1978:129)

Pada sistem pemindah tenaga (SPT) otomobil yang banyak dipakai adalah kedua jenis bantalan, terutama bantalan gelinding. Bantalan gelinding ada 11 jenis, yaitu: 1. Bantalan bola radial alur dalam baris tunggal, 2. Bantalan bola radial magneto, 3. Bantalan bola kontak sudut baris tunggal, 4. Bantalan bola mapan sendiri baris ganda, 5. Bantalan rol silinder baris tunggal, 6. Bantalan rol kerucut baris tunggal, 7. Bantalan rol bulat, 8. Bantalan rol jarum, 9. Bantalan bola aksial satu arah, 10. Bantalan bola aksial dua arah dengan dudukan berbidang bola, 11. Bantalan rol bulat aksial baris tunggal.

Nama bantalan tersebut menunjukkan konstruksi dan fungsi dari masing-masing jenis bantalan tersebut. Dari setiap jenis bantalan ini mempunyai beberapa faktor harga, seperti : faktor keandalan dan faktor umur yang diprediksikan, uraian tentang faktor akan disampaikan pada halaman-halaman berikut.

b) tas dasar arah beban terhadap poros

(1) Bantalan radial.

Arah bantalan yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.

(2) Bantalan aksial.

Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

(3) Bantalan gelinding khusus.

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Dari ke-dua klasifikasi ini bisa saja terdapat pada satu jenis bantalan, umpamanya bantalan luncur dan arah beban yang diterima radial, maka kedua klasifikasi dapat ditemukan pada satu jenis bantalan, seperti yang terlihat pada gambar 1. Dan beginilah seterusnya, sehingga ditemukan juga adanya bantalan gelinding bola radial, dan sebagainya.

2. Hal-hal Penting Dalam Perencanaan Bantalan

Dalam merencanakan suatu bantalan ada beberapa hal yang penting diperhatikan, yaitu:

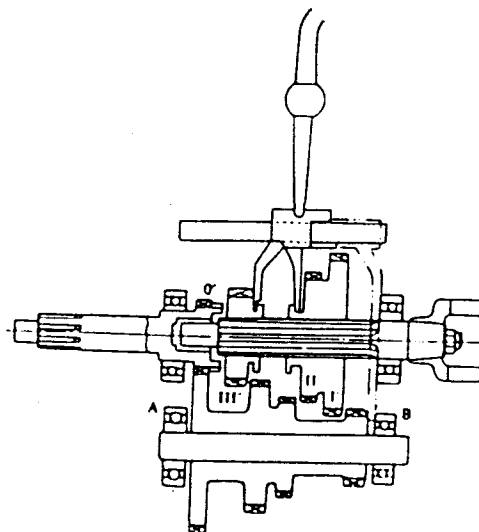
- a. Kekuatan bantalan,
- b. Pemilihan panjang dan diameter bantalan,
- c. Tekanan pada bantalan,
- d. Arah beban.

3. Bantalan SPT Otomobil

a. Bantalan Transmisi

Mobil memerlukan momen yang besar ketika sedang mendaki dan start, kendatipun mobil sedang berjalan dalam kecepatan rendah. Sebaliknya bila mobil berjalan pada kecepatan tinggi di jalan rata tidak memerlukan momen yang besar disebabkan adanya momentum yang lebih baik dimana roda-roda berputar dengan sendirinya pada kecepatan tinggi.

Bertolak dari kerja transmisi ini, maka diperlukan suatu bantalan, sehingga perubahan putaran atau beban pada komponen ini terjadi mulus. Pada gambar 3 berikut ini dapat kita lihat posisi dari masing-masing bantalan, yaitu bantalan A dan B.

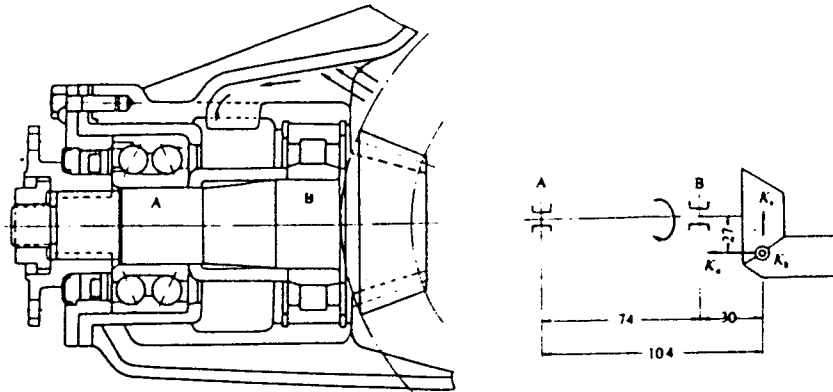


Gambar 3: Sket transmisi Mobil,
(Sularso, 1978: 148).

b. Bantalan Diffrensial.

Bila mobil meluncur pada jalan yang lurus dan rata, maka ring gear, diffrensial case, side gear dan poros aksial akan berputar dan merupakan satu kesatuan. tetapi pada waktu mobil membelokakan terdapat perbedaan, ini disebabkan adanya tahanan antara roda sebelah kiri dan roda sebelah kanan. Gerakan ini menimbulkan perbedaan putaran antara

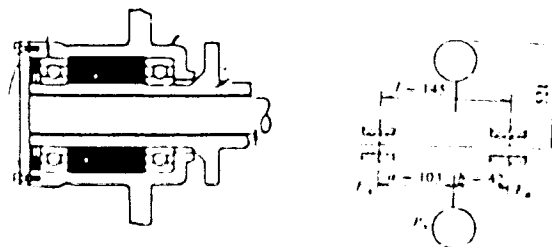
roda-roda tersebut. Dengan cara kerja seperti di atas maka diperlukan suatu bantalan, terutama pada poros propeller. Pada gambar 4 berikut ini dapat kita lihat posisi dari kedua bantalan (A dan B) pada propeller,



Gambar 4: Sket bantalan diffrensial (gardan) mobil, (Sularso, 1978:151).

c. Bantalan Poros Roda

Poros roda pada kendaraan baik roda depan maupun roda belakang menerima beban berat 50%-80%, dan pada saat yang sama poros roda tersebut harus menggerakkan roda-roda. Pada mobil yang letak mesinnya didepan, dengan penggerak belakang poros belakang terbuat dari sebuah poros yang berfungsi untuk memikul beban. Sehingga untuk dapat berputar dan sekaligus menerima beban maka diperlukan suatu bantalan. Gambar 5 adalah jenis bantalan yang digunakan pada poros mobil.



Gambar 5: Sket bantalan pada roda mobil, (Toyota, tt:4-31).

Dari ke-tiga komponen yang telah disampaikan tersebut, merupakan komponen yang berfungsi menerima beban dan sekaligus melakukan gerakan. Pada kesempatan ini program komputer yang akan dibuat adalah perencanaan bantalan yang akan dipergunakan pada ke tiga komponen tersebut. Komponen ini dipilih karena dilatar belakangi kebesaran fungsi dari bantalan pada ketiga komponen tersebut.

4. Diagram Alir

Diagram alir yang digunakan pada perencanaan ini dikembangkan dari diagram alir yang terdapat pada buku 'Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin' oleh Sularso dan Kiyokatsu Suga (1980), tepatnya diagram alir untuk perencanaan bantalan poros.

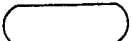
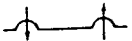





Diagram alir adalah pernyataan visual atau grafis suatu algoritma (Chapra, 28). Diagram alir terdiri dari simbol-simbol dan garis lurus atau putus-putus dan arah panah, yang masing-masing menyatakan operasi atau langkah tertentu. Penggunaan diagram alir akan mempermudah (efektif) perencanaan bantalan poros. Ada tiga alasannya, yaitu:

1. Algoritma adalah rentetan langkah logika yang diperlukan untuk memecahkan suatu masalah. Selain mudah mencapai tujuan (efektif), Algoritma mempunyai sejumlah atribut:
 - a) Tiap langkah dataminstik.
 - b) Proses berakhir setelah sejumlah langkah dan tidak boleh berakhir terbuka (open-ended).
 - c) Algoritma harus cukup umur untuk menangani keperluan apapun.
2. Berguna dalam perencanaan menyelesaikan kekusutan atau mengkomunikasikan logika program.
3. Berguna memvisualisasikan beberapa struktur pengaturan berdasarkan terapan dalam pemograman komputer.

Jika efektifitas diterjemahkan sebagai kemudahan mencapai tujuan maka dengan menggunakan diagram alir pekerjaan perencanaan akan efektif

a. Makna Simbol

Sebelum suatu program dibuat untuk memudahkan pembuatan program tersebut, terlebih dahulu dibuat diagram alur (flowchar) (Jagiyanto, 1988:21). Diagram alir dapat mengefektifkan program yang panjang, karena urut-urutannya dapat ditunjukkan dengan jelas dalam diagram alir yang dibuat. Untuk menggambarkan diagram alir tersebut digambarkan dengan simbol-simbol sbb:

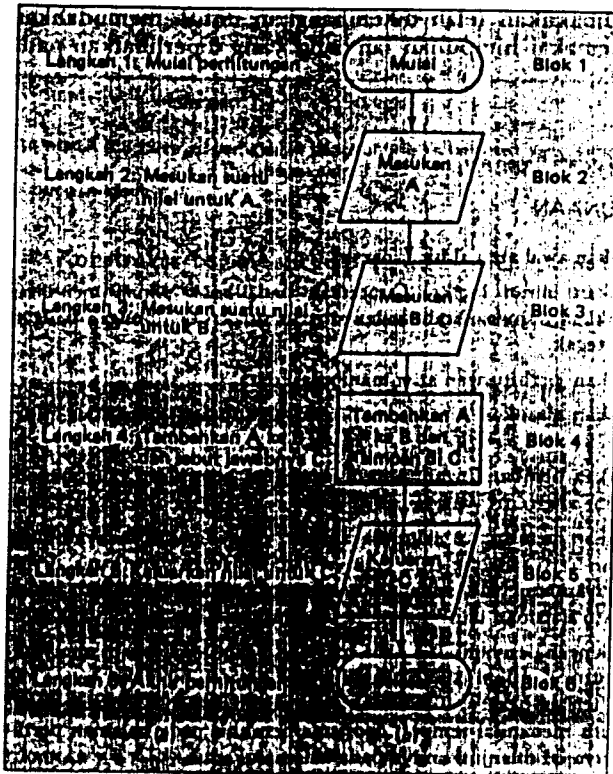
LAMBANG	NAMA	KEGUNAAN
	Ujung	Menyatakan awal atau akhir program.
	Garis alir	Menyatakan aliran logika. Gundukan pada anak panah mendatar menunjukkan bahwa aliran melewati dan tidak berhubungan dengan garis alir tegak.
	Proses	Menyatakan perhitungan atau manipulasi data.
	Masukan/ keluaran	Menyatakan masukan (input) atau keluaran (output) data atau informasi.
	Keputusan	Menyatakan perbandingan, pertanyaan, atau keputusan yang menentukan jalur alternatif yang harus diikuti.
	Penghubung ke halaman sama	Menyatakan pemutusan jalur bagan alir yang dipakai menyambung aliran dari satu titik ke titik lainnya pada halaman yang sama. Lambang penyambung menandai tempat aliran berakhir pada satu lokasi pada suatu halaman dan dimana ia dilanjutkan pada lokasi yang lain.
	Penyambung ke halaman lain	Serupa dengan penyambung pada halaman yang sama, tetapi menyatakan pemutusan dalam jalur bagan alir yang dipakai bilamana bagan alir tersebut terlalu besar untuk cocok pada satu halaman. Lambang penghubung itu menandai tempat algoritma berakhir pada halaman pertama dan tempat dilanjutkannya pada halaman kedua.

Gambar 1: Simbol siagram yang yang umum sipakai ANSI
(Chapra, 1989:28; Yogiyanto, 1988:21; Sularso, 1978:1).

Pada makalah ini simbol program komputer yang dipakai sesuai dengan Sularso, ini didasari pemikiran konsistensi dalam perencanaan elemen mesin.

b. Kaitan Alogaritma Dengan Diagram Alir

Diagram alir diawali dengan terminal start dan dengan garis alur menelusuri logika alogaritma. Pada alogaritma uraian langkah demi langkah sejenis dilukiskan dalam bentuk pernyataan (gambar a), kemudian pernyataan tersebut diubah dalam bentuk simbol ANSI (Gambar b).



Gambar 7: Kaitan alogaritma dengan diagram alur untuk penyelesaian suatu perubahan sederhana (Chapra, 1989:27).

Salah satu letak keefektifan program komputer ini adalah pengalihan pernyataan menjadi simbol ANSI (diagram alur). Ini akan mempermudah program rumit, cara tersebut dengan cepat akan dipahami pembaca.

5. Pendekatan Antar Disiplin Ilmu

Pemograman bantalan poros ini, dikembangkan dari tiga pokok disiplin ilmu.

Pertama disiplin ilmu elemen mesin:

a. Disiplin Ilmu Mesin

Dari buku 'Theori of Mechines' oleh Shah dkk (1982) didapat teori-teori bantalan poros juga dari buku 'Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin oleh Sularso dkk (1980), bersumber dari buku ini didapat dan dikembangkan algoritma, uraian langkah demi langkah dari perencanaan yang dibuat. Algoritma dibuat sejalan dengan teori mesin dan kondisi lapangan, yaitu penetapan atau ketersediaan bantalan yang ada di pasaran atau yang diproduksi pabrik bantalan seperti: Bearing Indonesia (BI) dan TNT.

Kesesuaian antara teori dengan keadaan lapangan telah dipenuhi paket program komputer yang dibuat, hasil (print out) yang dikeluarkan tidak lagi bersifat teoritis saja, namun telah ada di pasaran (telah ada diperdagangkan), ini berarti program ini telah aplikatif

b. Desain Ilmu Komputer

Ada dua buku komputer yang dijadikan rujukan untuk paket program ini, yaitu BASIC Programs for Scientist and engineers oleh Alan (1981) dari buku ini diambil prinsip-prinsip ide aplikasi BASIC terhadap disiplin ilmu mesin, terutama penggunaannya pada bantalan poros SPT. Buku kedua yang dipakai adalah teori dan aplikasi program komputer BASIC oleh Jogiyanto (1988), dari buku didapat 'perintah' (Command) yang lebih lengkap, sehingga memperbanyak variasi blok-blok perintah.

c. Metode Numerik

Metode numerik dalam hal ini menggabung dua aspek pokok, yaitu aspek numerik dengan aspek komputer. Aspek numerik teknik mencakup ide algoritma, galat, presisi, akurasi, dan matematik. Metode numerik membuat program ini menjadi lebih efektif.

6. Kaitan Antara Algoritma, Rumus dan Perintah

Pola langkah pembuatan program diawali dengan penentuan pemakaian rumus untuk perhitungan perencanaan bantalan poros, kemudian dari rumus akan dapat diketahui jenis apa perintah (command) BASIC yang akan diberikan beserta simbol algoritmanya.

Pada program komputer perencanaan bantalan dengan BASIC ini, merupakan satu kesatuan paket perencanaan bantalan Transmisi, Difrensial, dan Poros roda belakang.

Alasan teknis penyatuan paket program ini adalah:

1. Beberapa sumber informasi seperti tabel bantalan nomor bantalan dapat dipakai umum untuk setiap perencanaan bantalan,
2. Rumus-rumus yang dipakai untuk perencanaan bantalan sejenis adalah sama, seperti rumus mencari Beban Radial bantalan rol untuk setiap tempat pemakaian bantalan rol adalah sama,
3. Menghemat memori,

Berikut ini disampaikan kaitan antara perintah algoritma dengan materi perencanaan bantalan. Sumber materi perencanaan bantalan poros SPT ini diambil dari buku 'Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin' oleh Sularso dan Kiyotkasu' seperti pada lampir 1, namun isi algoritma tersebut sangat umum, sehingga penulis mengalami kesukaran untuk memakainya pada perencanaan. Untuk mengatasi kendala tersebut penulis memperluas atau mengembangkan rumus-rumus yang dipakai, juga urutan algoritmanya, sehingga didapat hasil sebagai berikut.

MILIK UPT PERPUSJAKAM
KIP PADANG

a. Perencana Bantalan Difrensal (Gardan) Otomobil

- 1) Start : memulai pekerjaan
- 2) Input : Momen yang dipindahkan = T
 Putaran maksimum = n_{max}
 Umur bantalan yang diminta = L_{ns}
- 3) Input : Putaran poros = $n_{p1} ; n_{p1} \dots n_{p4}$
 Proporsi frekuensi = $q_i ; q_1 \dots q_4$
- 4) Input : Untuk bantalan A dan B,
 Diameter poros A = d_A ,
 Diameter poros B = d_B .
- 5) Input : Jarak titik beban dan titik tumpu,
 tertulis pada gambar 4, maka: a, b, dan l.
- 6) Pengolahan : Gaya tangensial = K_t ,
 Gaya pisah = K_s ,
 Gaya aksial = K_a .
- 7) Pengolahan : Untuk bantalan A,
 Reaksi ditumpuan:

$$F_{rt} = K_s \times b/l,$$

$$F_{rs} = K_s \times a/l,$$
 pada F_{ra} ; $r = \text{Diameter gigi}/2 = Dg/2$,
 maka $F_{ra} = K_a \times r/l$.
- 8) Pengolahan : Untuk bantalan B,

$$F_{rt} = K_t \times a/l,$$

$$F_{rs} = K_s \times a/l,$$

$$F_{ra} = K_a \times r/l.$$
- 9) Untuk bantalan A,

$$F_t = F_{rt}^2 + (F_{ra} - F_{rs})^2$$
 Untuk bantalan B,

$$F_t = F_{rt}^2 + (F_{rs} - F_{ra})^2$$