

MATEMATIKA TEKNIK



STATISTIK &
MEKANISME MESIN

MILIK UT PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG -

OLEH

Drs. Umar Ali



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
KAMPUS IKIP AIR TAWAR PADANG

Tel. 25644

1983

Kata Pengantar

Salah satu usaha untuk membantu mahasiswa dalam mengatasi kesulitan mempelajari mata pelajaran Matematik adalah menyediakan buku pegangan bagi mahasiswa itu sendiri. Dengan adanya buku pegangan yang sesuai dengan kurikulum, secara langsung mahasiswa dapat mempelajari topik-topik yang ada didalamnya terlebih dahulu, cara seperti ini merupakan salah satu syarat agar proses belajar-mengajar berjalan dengan lancar dan dengan situasi yang bersemangat dan kelak akan memperoleh hasil belajar yang memuaskan.

Penulis berusaha menyusun buku Matematik Tehnik ini sesuai dengan kurikulum, untuk semester III tingkat II Jurusan Mesin FPTK- IKIP Padang. Mudah-mudahan agar dengan adanya buku ini semua pihak yang terlibat dalam proses belajar mengajar terbantu.

Dalam menyusun buku ini penulis merasa masih banyak kekurangan dan kejanggalan yang terdapat didalamnya. Justru itu penulis mengharapkan kritik-kritik yang membangun dari para pembaca agar buku ini berikutnya terbit lebih sempurna. Atas kritik-kritik dari para pembaca terlebih dahulu penulis ucapkan ribuan terima kasih.

Padang, Nopember 83

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
NO. DAFTAR	1-4-1985
NAMA	Harah
NO. KARTU	11
NO. STAMPA	531/HA/85-m2(2)
NO. KOP	579.5 Ali m2

Penulis.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i.
Daftar Isi	ii.
Bab. I. Pengertian tentang Statistik	1.
A. Definisi	1.
B. Peranan Statistik dalam ilmu Pengetahuan ...	1.
Bab. II. Data Statistik	3.
A. Tehnik pengumpulan data	4.
B. Menyusun data	4.
C. Grafik data Statistik	10.
Bab. III. Ukuran tendensi sentral	13.
A. Nilai rata-rata (Mean)	13.
B. Median (Mdn)	16.
C. M o d e	18.
D. Ukuran lokasi lain	19.
Bab. IV. Ukuran Disversi	24.
A. Deviasi rata-rata	24.
B. Standard Deviasi	25.
C. Pemakaian kurva Normal	32.
Bab. V. Perhitungan Mekanisme pemindah gerakan	36.
A. Pengantar	36.
B. Dasar analisa gerakan	37.
C. Kecepatan potong Mesin	41.
D. Ratio dan pemindah gerakan dengan rode gigi. 48.	
E. Hubungan roda gigi dengan praktek kerja Me - sin	53.
F. Ratio dan pemindah gerakan dengan ban	63.
G. Pemindah gerakan dengan Link	72.

Lampiran.

Daftar Pustaka.

PENGANTAR TENTANG STATISTIK

A. Definisi:

Kata Statistik mengandung dua pengertian yakni dalam arti sempit dan arti luas.

Dalam arti sempit Statistik berarti kumpulan angka-angka yang menunjukkan tentang sesuatu kejadian atau peristiwa, seperti:

- a. Masalah jumlah penduduk
- b. Kenaikan produksi
- c. dan lain sebagainya.

Dalam pengertian yang lebih luas Statistik diartikan teknik metodologi yang berhubungan dengan metoda ilmiah, tentang:

- a. mengumpulkan
- b. menyusun dan menyajikan
- c. mengolah dan menganalisa
- d. mengambil kesimpulan dan keputusan yang rasional dan logis.

* Jadi Statistik didefinisikan:

Ilmu pengetahuan yang berkenaan dengan cara-cara pengumpulan data, pengolahan/menganalisanya, menarik kesimpulan /membuat keputusan yang berdasar berdasarkan penganalisan yang dilakukan.

B. Peranan Statistik dalam ilmu Pengetahuan.

Hampir semua cabang ilmu pengetahuan membutuhkan observasi dan penelitian. Oleh karenanya peranan Statistik dalam perkembangan ilmu pengetahuan tidak dapat diabaikan.

Statistik memberikan kepada seseorang eksperimenter (penge-
nguji kaji, peneliti, dsb-nya) untuk berfikir sistimatis, membuka jalan fikiran dan merupakan bahasa yang dapat menghubungkan antara hasil penelitian dan ilmu pengetahuan.

Fungsi dan peranan Statistik menurut Guilford adalah:

1. Memungkinkan pencatatan yang paling eksak tentang

2. Memaksa penyelidik (eksperimenter) menganut cara berfikir dan cara kerja yang definit dan eksak.
3. Menyediakan cara-cara menyajikan data didalam bentuk sederhana (simpl) dan lebih berarti.
4. Memberi dasar untuk menarik kesimpulan-kesimpulan melalui proses-proses dan tata kerja yang dapat diterima oleh ilmu pengetahuan.
5. Memberi landasan berfikir untuk meramalkan secara ilmiah tentang bagaimana sesuatu gejala akan terjadi dalam situasi yang telah diketahui.
6. Memungkinkan penyelidik menganalisa, menjelaskan sebab akibat yang unik dimana dengan Statistik masalah tersebut sangat membingungkan dan tak dapat diselesaikan.

Oleh karena demikian Statistik adalah merupakan ilmu pengetahuan praktis (applied science) justru itu Statistik tidak akan bermanfaat jika hanya mempelajari teorinya saja tanpa mempraktekannya dilapangan.

BAB. II.

DATA STATISTIK

Data Statistik adalah sekumpulan bilangan atau keterangan yang dapat dinyatakan dalam bentuk angka. Oleh karena itu data Statistik dapat dibedakan:

- a. Data kuantitatif, yaitu data yang diperoleh dari hasil pengukuran yang sifatnya kuantitas seperti ukuran panjang, berat, umur dsb-nya.
- b. Data kualitatif, yaitu data yang diperoleh dalam kualitas (keterangan, informasi) seperti kondisi, warna, sifat dan sebagainya. Data semacam ini perlu terlebih dahulu dikonversikan kedalam bentuk bilangan menurut aturan tertentu.

Ditinjau dari sumber data maka data Statistik dapat dibedakan menjadi:

- a. Data primer, yakni data yang diambil langsung oleh peneliti dari hasil perlakuannya sendiri.
- b. Data sekunder, yakni data yang diambil dari hasil penyelidikan orang lain.

Data-data tersebut diatas oleh penyelidik langsung diperoleh dari dua sumber yaitu:

- a. Populasi, yaitu semua objek atau kemungkinan termasuk apa yang akan diteliti, misalnya menyelidiki umur anak-anak Indonesia yang berumur 7 tahun. Maka populasi dalam hal ini adalah anak-anak Indonesia yang berumur 7 tahun.
- b. Sampel, yaitu sebagian dari pada populasi yang diambil sebagai wakil dari populasi atau semua gejala yang akan diselidiki. Misalnya untuk mengetahui golongan darah seorang mahasiswa FPTK-IKIP Padang, cukup hannya mengambil sampelnya hannya setetas darah saja.

Adapun semua objek yang diselidiki tersebut diatas tadi disebut dengan variabel penyelidikan.

A. Tehnik pengumpulan data :

Tehnik pengumpulan data adalah cara-cara ilmiah yang digunakan dalam metodologi riset untuk mengambil data tentang sesuatu objek penyelidikan.

Adapun cara-cara pengumpulan data tersebut dapat dilakukan menurut:

- a. Sensus dan eksperimen, yakni pencatatan data secara langsung dari setiap variabel dalam objek penyelidikan atau populasi.
- b. Angket, yakni pengambilan data dengan memberikan pertanyaan kepada seseorang (individu) yang menjadi objek penyelidikan.

B. Menyusun data.

Data Statistik yang diambil langsung dari lapangan biasanya berbentuk data kasar, yakni data yang belum diatur atau disusun.

Data kasar yang belum diatur tersebut perlu diurutkan. Urutan itu dapat diatur dalam bentuk urutan turun atau urutan naik. Pengurutan tersebut dinamakan dengan jajaran.

Dalam Statistik penyusunan data-data dapat dilakukan menurut data tunggal dan . bergolong tergantung kepada banyaknya data. Untuk data tunggal dapat dilihat pada contoh berikut:

Diberikan data kasar sebagai berikut:

8 2 3 4 2 1 5 6 7 6 3 2 1 2 4

Data tersebut kita susun menurut urutan naik sebagai berikut:

1 1 2 2 2 2 3 3 4 4 5 6 6 7 8

urutan yang baru saja kita buat ini disebut dengan jajaran.

Untuk lebih jelasnya lagi maka susunan data-data diatas dapat disusun kedalam tabel/daftar. Tabel/daftar data itu disebut Distribusi frekuensi tunggal. Distribusi artinya adalah pembagian nilai (penyebaran data-data). Sedangkan frekuensi adalah banyaknya data-data yang muncul.

Tabel
Distribusi Frekuensi

Data (X)	Tanda kutip (tally)	Frekuensi (f)
1	//	2
2	////	4
3	//	2
4	//	2
5	/	1
6	//	2
7	/	1
8	/	1

N = 15

Jika terdapat banyak data, maka data itu perlu digolongkan kedalam beberapa kelas atau kategori dan kita tentukan frekuensi pada setiap kelasnya. Dengan demikian kita akan mendapatkan Distribusi frekuensi dalam bentuk tabel yang disebut Distribusi Frekuensi bergolong.

Untuk menyusun tabel distribusi bergolong perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Range (jangkauan)

Range adalah selisih antara data yang terbesar dengan data yang terkecil.

2. Jumlah kelas (kelas interval).

Kelas interval adalah banyaknya interval yang digunakan dalam penyusunan distribusi.

Untuk menentukan kelas interval dapat dipakai rumus

Sturgess:

$$k = 3,3 \log N + 1$$

dimana: k = jumlah interval kelas.

N = banyaknya data

Didalam Statistik istilah jumlah kelas atau interval kelas sering disebut " interval " atau " kelas " saja.

Jumlah interval terlalu banyak atau sedikit tidaklah baik karena kita tidak mendapatkan gambaran yang menyeluruh, tentang data-data tersebut, biasanya dibuat antara 5 sampai 10 interval kelas.

3. Lebar interval (= i)

Lebar interval adalah perbandingan antara Range dan jumlah interval dengan rumus:

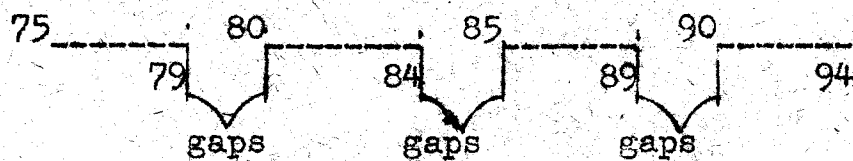
$$i = \frac{R}{k}$$

4. Batas kelas (interval)

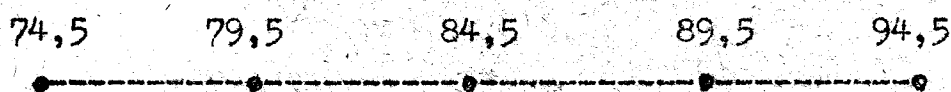
Batas kelas adalah nilai-nilai yang membatasi kelas yang satu dengan kelas yang lainnya. Didalam penyusunan data distribusi frkuensi kita mengenal beberapa batas kelas, yakni:

- batas atas (upper - limits)
- batas bawah (lower - limits)
- batas semu
- batas nyata.

Batas kelas semu adalah batas kelas yang mengandung gaps antara kelas satu dengan kelas lainnya dan sebaliknya batas kelas nyata (real) batas kelas yang tidak mengandung gaps (pemisah). Contoh



(batas kelas semu)



Contoh: Diberikan sekumpulan data-data sebagai berikut:

75	94	98	100	103
79	94	98	101	103
82	95	98	101	103
84	95	99	101	103
86	95	99	101	103
87	96	99	102	104
91	96	99	102	104
92	97	100	102	104
93	97	100	102	104
93	97	100	103	104

- Tentukan:
1. Range (jangkauan) dari data tersebut.
 2. Susunlah data-data tersebut dalam distribusi bergolong dengan jumlah kelas 6.
 3. Ceklah jumlah kelas dengan rumus Sturgess.
 4. Tentukan batas-batas atas, bawah, semu dan nyata untuk setiap kelas intervalnya.

Jawab:

1. $R = \text{data tertinggi} - \text{data terendah}$
 $= 104 - 75$
 $= 29$

2. Untuk menyusun data tersebut kedalam distribusi frekuensi bergolong tentukan terlebih dahulu lebar kelas (i).

$$i = \frac{R}{k}$$

$$= \frac{29}{6} = 4,83 \sim 5$$

(X)	Tally	frekuensi (f)
100 - 104		23
95 - 99		15
90 - 94	/	6
85 - 89		2
80 - 84		2
75 - 79		2

N= 50

3. Rumus Sturgess:

$$\begin{aligned}
 k &= 3,3 \log N + 1 \\
 &= 3,3 \log 50 + 1 \\
 &= 6,6 \quad \text{ambil } 6
 \end{aligned}$$

4.-Batas atas setiap kelas interval adalah:

105, 99, 94, 89, 84, 79

-Batas bawah setiap kelas interval adalah:

100, 95, 90, 85, 80, 75

-Batas-batas semu untuk seluruh kelas interval adalah batas-batas atas dan bawah seperti di atas

-Batas-batas nyata adalah:

74,5, 79,5, 84,5, 89,5, 94,5, 99,5, 104,5

Selain dari distribusi frekuensi bergolong terdapat lagi distribusi meningkat (Comulatif frequency)

Penyusunan tabel komulatif frekuensi hampir sama dengan penyusunan tabel distribusi frekuensi yang telah kita pelajari, hanya saja pada tabel ini, ditambah dengan satu kolom lagi, yaitu kolom komulatif frekuensi

Contoh: Diberikan data-data seperti berikut dibawah ini.

Susunlah data tersebut kedalam tabel distribusi bergolong dan dilengkapi dengan distribusi frekuensi komulatif.

75	97,5	100	95	89	94	99	93	84
87,5	93,8	80	87	92	95	90,5	103	87,2
91	97	91,5	97	93,5	107,5	92,3	88	96
93,4	103,5	90,5	102	96,4	85,3	90,8	77,5	86
98,1	82,5	90	97,7					

Penyelesaian: $R = \text{skort tertinggi} - \text{skort terendah}$
 $= 107,5 - 75 = 32,5$

Jumlah kelas interval menurut Sturgess

$$\begin{aligned}
k &= 3,3 \log N + 1 \\
&= 3,3 \log 40 + 1 \\
&= 3,3 \cdot 1,6021 = 6,2593
\end{aligned}$$

Jadi jumlah kelas interval 6 atau 7, jika diambil $k = 7$, maka:

$$i = \frac{32,5}{7} = 4,6 \sim 5$$

Tabel distribusi frekuensi dan distribusi frekuensi komulatif.

X	Tally	frekuensi (f)	komulatif frekuensi (cf)	
			cf dari atas	cf dari bawah
105 - 109	/	1	40	1
100 - 104	////	4	39	5
95 - 99	//// //	10	35	15
90 - 94	//// // //	13	25	28
85 - 89	//// //	7	12	35
80 - 84	///	3	5	38
75 - 79	//	2	2	40

$N = 40$

Dari uraian dan contoh-contoh diatas dapat disimpulkan cara yang umum untuk membuat tabel distribusi frekuensi sbb:

1. Carilah datum yang terbesar dan datum yang terkecil dan kemudian tentukan jangkauannya.
2. Banyaknya kelas interval ditentukan kira-kira dengan menggunakan rumus empiris Sturgess. Pada umumnya banyak kelas interval tersebut terletak antara 5 dan 20 bergantung pada banyaknya data.
3. Usahakan agar lebar interval (lebar kelas) lebih kecil dari pada banyak kelas dan sedapat mungkin semua titik tengah dari setiap kelas interval sebuah bilangan yang baik.

4. Tentukan frekuensi tiap-tiap kelas dengan menggunakan tally.
5. Buatlah tabel distribusi frekuensi yang dikehendaki.

C. GRAFIK DATA STATISTIK.

Diantara penyajian data Statistik yang sangat populer dijumpai didalam lapangan kegiatan-kegiatan riset adalah bentuk penyajian grafik atau diagram.

Ada beberapa macam grafik yang kita jumpai dalam Statistik diantaranya:

1. Histogram atau diagram batang.
2. Poligon frekuensi
3. Ogive
4. Diagram lingkaran (Serabi)
5. Piktogram.

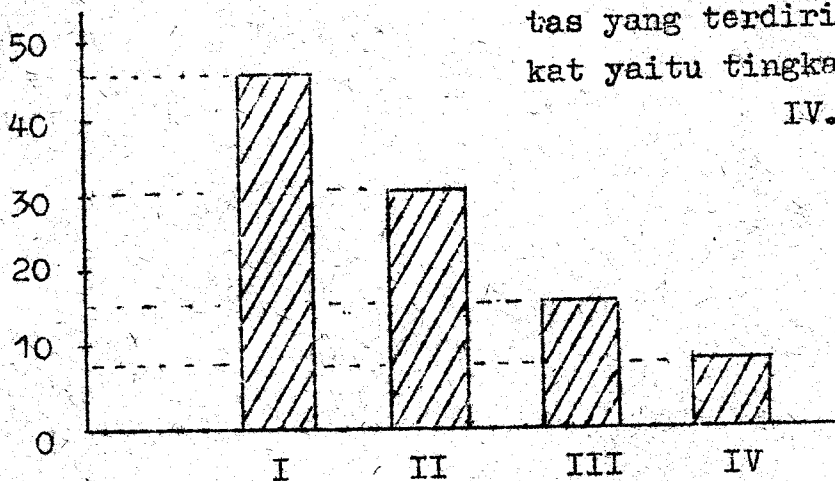
Untuk melukis grafik yang tersebut diatas kita memerlukan tabel-tabel seperti yang telah dipelajari sebelumnya.

1. Grafik Histogram:

Histogram adalah suatu grafik distribusi frekuensi yang terdiri atas suatu kumpulan batang yang berbentuk persegi panjang yang masing-masingnya mempunyai:

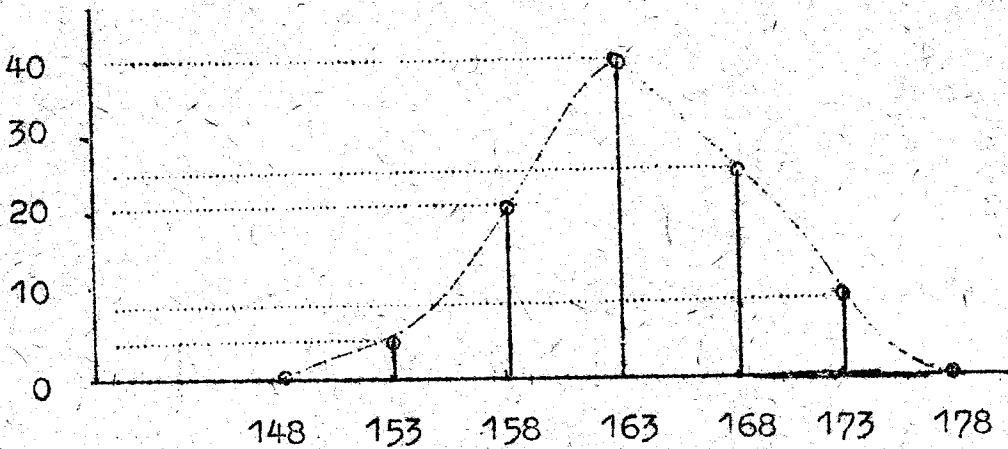
- a. alas pada sumbu X, yang lebarnya sama dengan besarnya kelas interval.
- b. Luasnya sebanding dengan frekuensi kelas.

Berikut ini adalah grafik keadaan mahasiswa pada suatu Fakultas yang terdiri dari empat tingkat yaitu tingkat I, II, III dan IV.



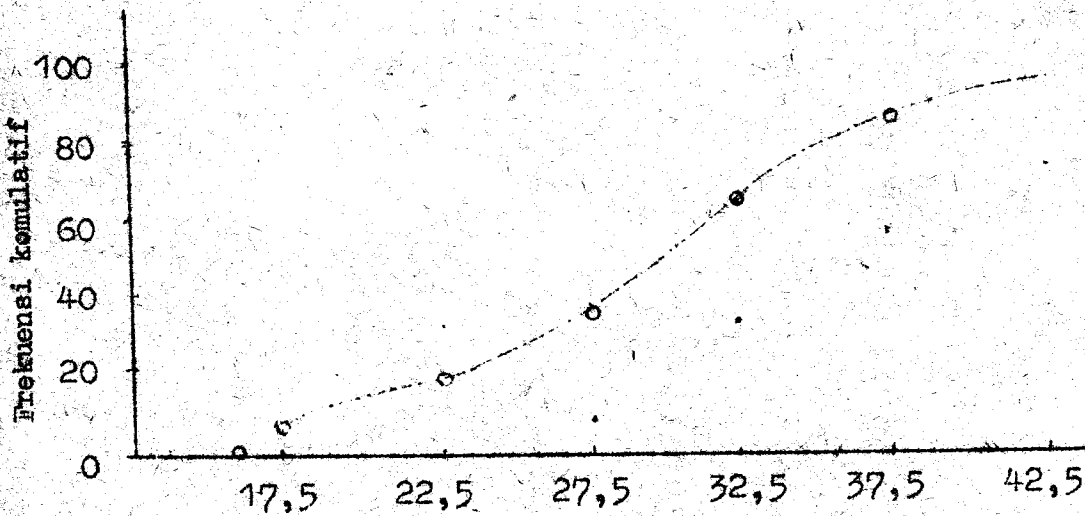
2. Garik Poligon Frekuensi:

Poligon frekuensi adalah grafik yang mencerminkan distribusi frekuensi terdiri atas suatu garis putus-putus yang menghubungkan titik-titik tengah ujung-ujung batang histogram. Biasanya ditambah dengan AB dan CD yaitu dua segmen garis yang menghubungkan yang menghubungkan titik tengah ujung batang pertama dan terakhir dengan titik tengah kelas yang paling ujung yang mempunyai frekuensi nol, seperti tergambar berikut.



3. Ogive.

Ogive adalah grafik Distribusi frekuensi komulasi (meningkat) dapat digambarkan dengan suatu grafik yang disebut poligon frekuensi komulasi (Ogive). Grafik ini melukiskan frekuensi komulasi terhadap batas atas tiap kelas interval seperti tergambar. Pada absis sumbu koordinatnya kita cantumkan batas atas kelas nyata untuk setiap interval kelas.

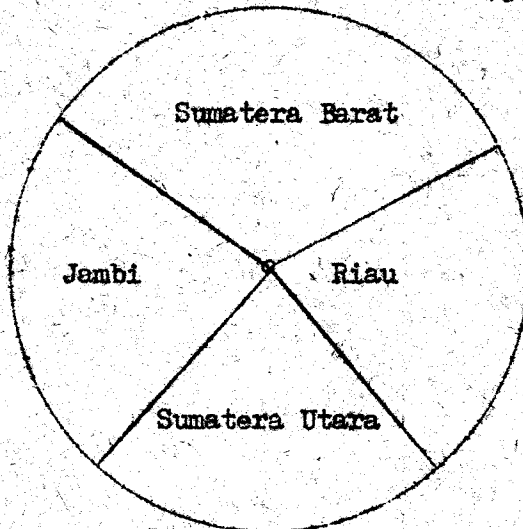


4. Diagram Lingkaran (Pie diagram)

Diagram lingkaran ialah grafik yang mencerminkan distribusi frekuensi, yang dinyatakan dalam bentuk luas sektor lingkaran seperti tergambar berikut.

$$\text{Luas sektor lingkaran} = \frac{\text{frekuensi tiap kelas}}{\text{jumlah total frekuensi}} \times 360^\circ$$

$$\% = \frac{\text{frekuensi tiap kelas}}{100} \times 360^\circ$$

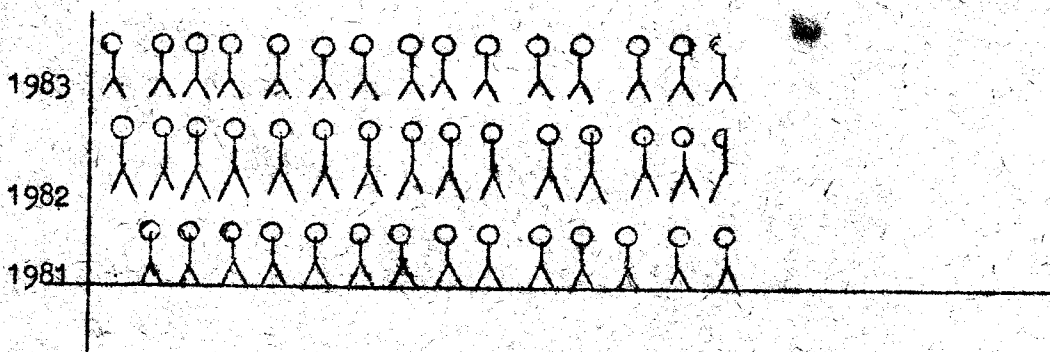


Grafik asal mahasiswa FPKT yang berasal dari empat Propensi

5. Piktogram.

Piktogram ialah sejenis grafik distribusi frekuensi yang dinyatakan dengan lambang atau simbol yang mudah difahami.

Misalnya jumlah penduduk Indonesia tiap-tiap tahun, dapat dilambangkan dengan orang, dimana tiap satu gambar berarti 100.000



BAB. III.

UKURAN TENDENSI / SENTRAL

Ukuran tendensi Sentral adalah angka yang menjadi pu at sesuatu distribusi penyebaran data Statistik.

Didalam Statistik kita mengenal beberapa jenis ukuran tendensi sentral yaitu:

- A. Nilai rata-rata
- B. Median
- C. Mode.

A. NILAI RATA-RATA (MEAN).

Nilai rata-rata atau Mean adalah salah satu jenis ukuran tendensi sentral yang merupakan angka rata-rata atau aritmetics Mean yakni jumlah nilai masing-masing data dibandingkan dengan banyaknya data itu sendiri.

$$\text{Mean} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{N}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{N}$$

- dimana: \bar{X} = Nilai rata-rata (Mean)
- x_i = Nilai data
- N = Banyaknya data atau jenis frekuensi.

Untuk menghitung nilai rata-rata atau mean dapat dilakukan dengan berbagai cara, tergantung kepada jenis distribusi data, yakni distribusi tunggal atau bergolong.

1. Mean distribusi data tunggal.

Selain dari cara diatas, mean distribusi data tunggal dapat dihitung sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum f x}{N}$$

- dimana : f = frekuensi
- N = jumlah frekuensi

Contoh: Diberikan sejumlah data seperti dalam tabel.

Data anggota keluarga (X)	Frekuensi (f)	Jumlah data (fx)
1	6	6
2	12	24
3	8	24
4	5	20
5	4	20
6	0	0
7	2	14
8	3	24
9	0	0
	N = 40	$\sum fx = 132$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum fx}{N} \\ &= \frac{132}{40} = 3,3\end{aligned}$$

2. Mean distribusi data bergolong.

Pada prinsipnya menghitung mean distribusi data bergolong tidak jauh berbeda dengan perhitungan mean distribusi tunggal. Hanya saja nilai rata-rata disini tidak lagi mewakili nilai data tetapi adalah mean "titik tengah" kelas interval.

$$\bar{X} = \frac{\sum f x_p}{N}$$

dimana:

f = frekuensi

x_p = titik tengah interval

N = jumlah frekuensi

Contoh: Diberikan suatu distribusi data-data seperti pada tabel berikut.

Kelas interval	Titik tengah (x_{π})	Frekuensi (f)	$f \cdot x_{\pi}$
195 - 199	197	1	197
190 - 194	192	5	960
185 - 189	187	8	1496
180 - 184	182	10	1820
175 - 179	177	6	1062
170 - 174	172	3	516
165 - 169	167	1	167

$$N = 34$$

$$\sum f \cdot x_{\pi} = 6218$$

$$\begin{aligned} X &= \frac{\sum f \cdot x_{\pi}}{N} \\ &= \frac{6218}{34} \\ &= 184,88 \end{aligned}$$

3. Mean terkaan dan distribusi bergolong.

Selain dari cara diatas, untuk distribusi bergolong menghitung mean dapat dilakukan dengan cara terkaan atau raba-raba.

$$X = X_k + \left(\frac{\sum fx'}{N} \right) i.$$

dimana X_k = Mean kode (terkaan), yakni nilai titik tengah pada kelas interval yang diambil.

Contoh: Diberikan suatu distribusi data seperti dalam tabel berikut. $i = 5$

	f	x'	fx'
95 - 99	6	+ 2	12
90 - 94	11	+ 1	11
85 - 89	16	0	0
80 - 84	7	- 1	- 7
75 - 79	9	- 2	- 18
70 - 74	8	- 3	- 24
65 - 69	2	- 4	- 8
60 - 64	3	- 5	- 15
55 - 59	2	- 6	- 12
	N = 65		fx' = - 60

Mean kode (X_k) = nilai titik tengah pada
 alas interval (85 - 89)
 = 87.

$$\begin{aligned} \bar{X} &= X_k + \left(\frac{\sum f x'}{N} \right) i \\ &= 87 + \left(\frac{-60}{65} \right) 5 \\ &= 87 - 4,64 \\ &= 82,36 \end{aligned}$$

B. MEDIAN (Mdn).

Ukuran tendensi sentral selain Mean adalah Median. Median adalah satu kumpulan nilai yang telah diurutkan dalam satu jajaran, yakni nilai yang ditengah untuk banyaknya data ganjil atau nilai rata-rata dari dua data yang terletak ditengahnya jika data jumlahnya genap.

Contoh: 1. Suatu jajaran data-data sebagai berikut:

3, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 9, 10.

Tentukanlah nilai mediannya.

Median (Mdn) = 6. (sebab nilai yang ditengah dari jajaran tsb.)

Contoh: 2. Suatu jajaran nilai data-data diberikan sebagai berikut:

3, 3, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 9, 10.

Tentukanlah nilai mediannya.

$$\text{Median} = \text{Mdn} = \frac{5 + 6}{2} = 5,5$$

579.5
Ali
m2

Contoh-contoh diatas adalah cara menentukan median untuk data-data yang tidak dikelompokkan. Untuk data yang telah dikelompokkan (distribusi bergolong) mediannya dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\text{Mdn} = X_b + \left(\frac{\frac{1}{2}N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

dimana: X_b = Nialai batas bawah yang mengandung median.

C_{f_b} = Kumulatif frekuensi dibawah interval yang mengandung median.

f_d = frekuensi pada interval yang mengandung median.

Contoh : 3. Dari sekumpulan data-data seperti dalam tabel, tentukanlah mediannya.

X	f	C_f
40 - 44	1	28
35 - 39	0	27
30 - 34	3	27
25 - 29	5	24
20 - 24	3	19
15 - 19	10	16
10 - 14	1	6
5 - 9	1	5
0 - 4	4	4

$$X_b = 14,5, \quad N = 28$$

$$C_{f_b} = 6, \quad f_d = 10$$

MILIK UTI PELPU T KRI
- IKIP - PADANG -

$$\begin{aligned}
 \text{Mdn} &\equiv 14,5 + \left(\frac{\frac{28}{2} - 6}{10} \right) 5 \\
 &= 14,5 + \left(\frac{8}{10} \right) 5 \\
 &= 18,5.
 \end{aligned}$$

C. MODE.

Mode adalah data yang paling banyak prekuensinya atau data yang paling sering timbul.

Didalam sesuatu distribusi frekuensi mungkin mode tersebut tidak ada. Mode diberi notasi: Mod.

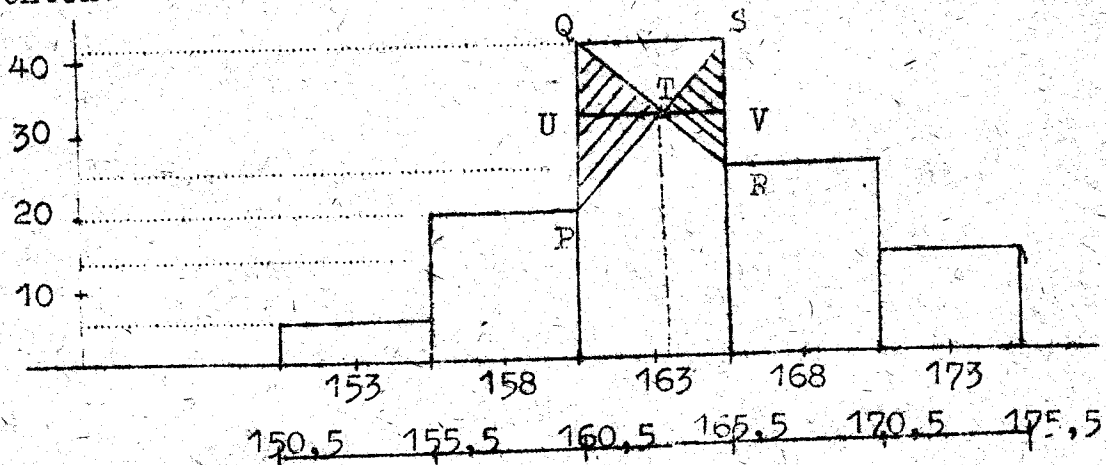
Contoh: Sekumpulan data-data : 3, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 8, 9, 9, 10, mempunyai modus 8.

Sedangkan untuk data berikut ini, 3, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 9, 10 mempunyai mode dua buah yakni 4 dan 8 dan ini disebut bimodal.

Apabila terdapat lebih dari 2 mode maka hal tersebut disebut multimodal.

Untuk data yang bergolong modus dapat ditentukan dengan suatu titik pada sumbu X dari histogram yang berkorespondensi dengan titik maksimum histogram.

Contoh: Diberikan histogram seperti berikut:



Interval kelas mode pada histogram adalah terletak pada kelas (160,5 - 165,5).

Perhatikan ΔTPQ dan ΔTSR sebangun.

$$TU : TV = PQ : SR$$

$$TU : TV = (42 - 20) : (42 - 26)$$

$$= 22 : 16$$

$$TU = \frac{22}{38} \times 5 = 2,89$$

$$\begin{aligned} \text{Mod} &= 160,5 + 2,89 \\ &= 163,39. \end{aligned}$$

Secara umum dapat dihitung,

Misalkan: L_1 = batas bawah kelas mode.

Δ_1 = kelebihan frekuensi mode terhadap frekuensi kelas yang lebih rendah.

Δ_2 = kelebihan frekuensi mode terhadap kelas frekuensi yang lebih tinggi.

i = kelas interval.

(Perhatikan gambar diatas) maka:

$$TU : TV = PQ : SR$$

$$= \Delta_1 : \Delta_2$$

$$TU = \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \cdot i$$

$$\text{Mod} = L_1 + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \cdot i$$

D. UKURAN LOKASI LAIN;

Selain dari ukuran tendensi sentral diatas didalam Statistik kita mengenal suatu ukuran lokasi lainnya yakni:

- Kuartil, (q)
- Decil, (d)
- Persenti, (p)

Analogi dari pengertian median, maka kwarti dapat diartikan sebagai suatu bilangan (nilai) yang membagi banyaknya data satu jajaran dalam 4 kelompok yang sama banyaknya.

MILITARY UNIVERSITY
IKIP - PADANG



Kwartil bawah dinotasikan dengan q_1 , yaitu $\frac{1}{4}$ dari jumlah data. Demikian seterusnya q_2 berarti kwartil tengah atau sama dengan median, sedangkan q_3 disebut kwartil atas.

Demikian juga jika kita membagi data atas 10 kelompok yang sama banyaknya dengan memberi notasi d_1, d_2, d_3, \dots dst-nya disebut decil

Analogi dengan pengertian kwartil, decil diatas maka pembagian data dapat kita bagi atas 100 ba-

gian yang disebut dengan presentil, dinotasikan dengan :

$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, \dots, P_{50}, \dots, P_{100}$

Hubungan antara Median, Kwartil, Decil dan Presentil dapat diturunkan sbb:

$$\begin{aligned} \text{Mdn} &= q_2 = d_5 = P_{50} \\ P_{75} &= q_3 \\ q_1 &= P_{25} \end{aligned}$$

Nilai-nilai kwartil, decil dan presentil dinamakan kwartil.

Untuk menghitung kwartil pertama dapat digunakan rumus:

$$q_1 = X_b + \left(\frac{\frac{1}{4}N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

dimana: X_b = Nilai batas bawah nyata yang mengandung kwartil bawah (pertama).

C_{f_b} = frekuensi komulasi dibawah interval yang mengandung q_1

f_d = frekuensi interval yang mengandung q_1 .

Contoh: Dari sekelompok data-data seperti dalam tabel berikut, tentukanlah kwartil pertama.

X	f	C _f
40 - 44	1	28
35 - 39	0	27
30 - 34	3	27
25 - 29	5	24
20 - 24	3	19
15 - 19	10	16
10 - 14	1	6
5 - 9	1	5
0 - 4	4	4

$$N = 28$$

maka dari tabel dapat kita lihat:

$$\frac{1}{2}N = \frac{1}{2} 28 = 14$$

$$X_b = 14,5$$

$$C_{f_b} = 6$$

$$f_d = 10 \text{ dan } i = 5, \text{ sehingga:}$$

$$\begin{aligned} q_1 &= X_b + \left(\frac{\frac{1}{2}N - C_{f_b}}{f_d} \right) i \\ &= 14,5 + \left(\frac{14 - 6}{10} \right) 5 \\ &= 14,5 + 0,5 \\ &= 15. \end{aligned}$$

Sedangkan kuartil tengah dan kuartil atas dapat diturunkan dengan rumus:

$$q_2 = X_b + \left(\frac{\frac{1}{2}N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

$$q_3 = X_b + \left(\frac{\frac{3}{4}N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

Untuk menghitung decil pertama:

$$d_1 = X_b + \left(\frac{\frac{1}{10} N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

$$d_2 = X_b + \left(\frac{\frac{2}{10} N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

dan

dst-nya

Adapun X_b adalah nilai batas bawah yang mengandung kuartil, decil yang hendak dicari.

Contoh: Dari data-data pada tabel diatas dapat pula kita tentukan d_4 seperti berikut:

$$\text{dimana } \frac{4}{10} N = \frac{4 \times 28}{10} = 11,2$$

interval kelas yang mengandung d_4 adalah (15 - 19), maka;

$$X_b = 14,5$$

$$C_{f_b} = 6$$

$$f_d = 10 \quad \text{dan } i = 5$$

$$\begin{aligned} d_4 &= X_b + \left(\frac{\frac{4}{10} N - C_{f_b}}{f_d} \right) i \\ &= 14,5 + \left(\frac{11,2 - 6}{10} \right) 5 \\ &= 14,5 + \frac{5,2 \times 5}{10} \\ &= 14,5 + 2,6 \\ &= 17,1 \end{aligned}$$

Jadi decil ke empat (d_4) = 17,1.

Untuk menentukan presentil dipergunakan rumus yang tidak begitu berbeda dengan cara menentukan Median, Kuartil dan desil seperti diatas.

$$P_n = X_b + \left(\frac{\frac{n}{100} N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

dimana: P_n = presentil ke- n

X_b = Nilai batas nyata bawah kelas interval yang mengandung presentil yang dihitung.

Contoh: Dari data-data dalam tabel diatas tadi, tentukanlah P_{75} .

$$P_{75} = X_b + \left(\frac{\frac{75}{100} \times N - C_{f_b}}{f_d} \right) i$$

$$P_{75} = \frac{75}{100} \times 28 = 21$$

Interval kelas yang mengandung P_{75} adalah (25 - 29) dengan batas nyata bawah

$$X_b = 24,5$$

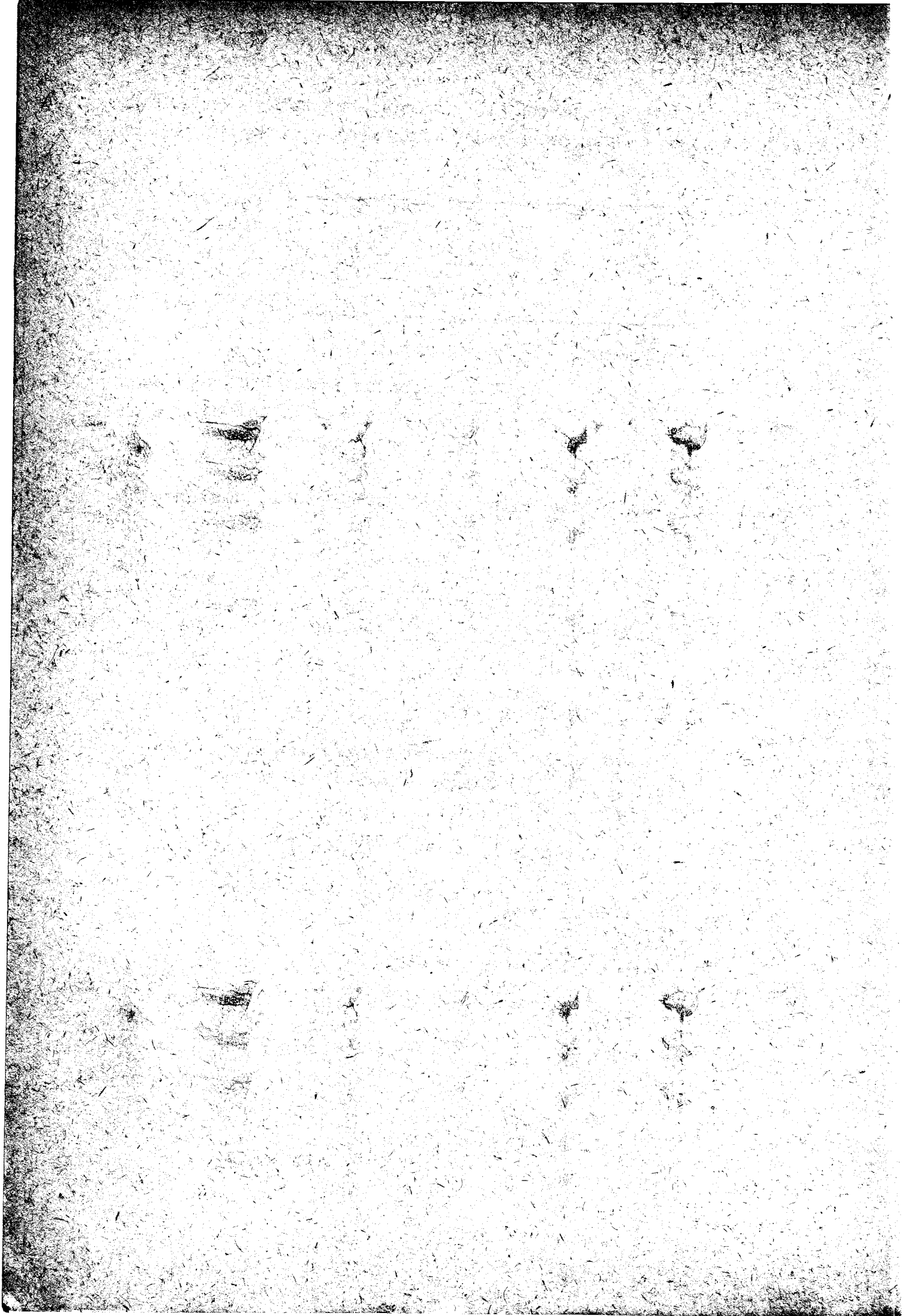
$$f_d = 5, C_{f_b} = 19 \text{ dan } i = 5$$

$$P_{75} = 24,5 + \left(\frac{21 - 19}{5} \right) 5$$

$$= 24,5 + 2$$

$$= 26,5$$

Jadi $P_{75} = 26,5$.



B A B. I V

U K U R A N D I S V E R S I

A. Deviasi rata-rata.

Salah satu ukuran penyebaran data yang terpenting dalam Statistik adalah ukuran deviasi atau simpangan.

Deviasi diartikan sebagai perbedaan (simpangan) suatu data terhadap mean-nya atau rata-rata hitung. Apabila \bar{X} adalah mean dari sekumpulan data-data dan $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$ atau X_i adalah data-data, maka deviasi masing-masing data terhadap mean-nya adalah:

$$d = X_i - \bar{X}$$

Didalam sekumpulan data-data, tentu kita akan mendapat nilai deviasi data yang berbeda. Deviasi akan bernilai positif bila nilai data lebih besar dari nilai mean-nya dan akan negatif bila nilai data lebih kecil dari nilai mean-nya.

Untuk menghindari hal demikian maka harga deviasi hanya diambil harga mutlaknya sehingga:

$$|d| = X_i - \bar{X} \longrightarrow \text{deviasi mutlak.}$$

Deviasi rata dari sekumpulan data ditentukan sebagai:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})}{N}$$

atau

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{N}$$

sehingga :

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{N}$$

Contoh: Hasil ujian mahasiswa FPTK- IKIP Padang dalam lima mata pelajaran diperoleh sebagai berikut:

6, 8, 7, 9, 10.

Tentukanlah deviasi-deviasinya dan tentukan pula deviasi rata-rata.

Adapun Mean (\bar{X}) hasil ujiannya adalah:

$$\bar{X} = \frac{6 + 8 + 7 + 9 + 10}{5} = 8.$$

Maka deviasi tiap mata pelajaran adalah:

$$d_1 = |6| - 8 = 2$$

$$d_2 = |8| - 8 = 0$$

$$d_3 = |7| - 8 = 1$$

$$d_4 = |9| - 8 = 1$$

$$d_5 = |10| - 8 = 2$$

deviasi rata-rata-nya:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5}$$

$$= \frac{2 + 0 + 1 + 1 + 2}{5} = \frac{6}{5} = 1,2$$

B. Standart deviasi atau deviasi baku.

Ukuran penyebaran data yang berpatokan pada deviasi rata-rata mempunyai satu kelemahan, dimana tanda minus pada deviasi data-data tertentu kita abaikan. Untuk mengatasi hal ini didalam Statistik sering digunakan Standart deviasi (Sd) yakni deviasi yang telah Standart (dibakukan) dengan rumus:

$$Sd^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n=i} (X_i - \bar{X})^2}{N}$$

atau

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Contoh: Produksi dari satu mesin bubut terhadap 12 buah benda kerja diperoleh beratnya sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} = \frac{2765}{12} = 230,4 \quad 230$$

X	d = $X_i - \bar{X}$	d ² = $(X_i - \bar{X})^2$
231	1	1
234	4	16
227	-3	9
235	5	25
234	4	16
230	0	0
229	-1	1
227	-3	9
233	3	9
226	-4	16
231	1	1
228	-2	4
$\sum X = 2765$		$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 107$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=12} (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$$= \frac{107}{12}$$

$$= 2,98$$

Jika data-data pada soal diatas kita kita jajarkan maka susunan dapat kita lihat seperti pada tabel berikut:

X_i	f	$f \cdot X_i$	$d = X_i - \bar{X}$	$fd = f(x_i - \bar{X})$	$f \cdot d^2 = f(x_i - \bar{X})^2$
235	1	235	5	5	25
234	2	468	4	8	32
233	1	233	3	3	9
231	2	462	1	2	2
230	1	230	0	0	0
229	1	229	- 1	- 1	1
228	1	228	- 2	- 2	4
227	2	454	- 3	- 6	18
226	1	226	- 4	- 4	16
N= 12		$\sum fX_i = 2765$			$\sum fd^2 = 107$

$$\bar{X} = \frac{\sum fX_i}{N} = \frac{2765}{12}$$

$$= 230,4$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum f(x_i - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum f \cdot d^2}{N}} = \sqrt{\frac{107}{12}}$$

$$= 2,98.$$

Dari contoh diatas ternyata mencari Sd dengan menggunakan rumus deviasi mean banyak memakan waktu dan terasa menyulitkan. Untuk menghindarkan kesalahan hitung dan memudahkan pekerjaan kita dapat menggunakan rumus Sd dengan angka dasar sbb:

$$\text{jika } d^2 = \sum (x_i - \bar{X})^2$$

$$\text{sedangkan: } Sd = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$$Sd^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 2x_i\bar{x} + \bar{x}^2)$$

oleh karena $\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i = \bar{x}$

sehingga :

$$Sd^2 = \frac{1}{N} \sum (x_i^2 - 2\bar{x} \sum x_i + \sum \bar{x}^2)$$

$$= \frac{1}{N} \sum x_i^2 - 2\bar{x} \frac{\sum x_i}{N} + \frac{\sum \bar{x}^2}{N}$$

$$= \frac{1}{N} \sum x_i^2 - 2\bar{x} \cdot \bar{x} + \frac{\bar{x}^2}{N} \sum 1$$

$$= \frac{1}{N} \sum x_i^2 - 2\bar{x}^2 + \frac{\bar{x}^2}{N} \cdot N$$

$$= \frac{1}{N} \sum x_i^2 - 2\bar{x}^2 + \bar{x}^2$$

$$= \frac{1}{N} \sum x_i^2 - \bar{x}^2$$

$$Sd^2 = \frac{1}{N} \sum x_i^2 - \left(\frac{\sum x_i}{N} \right)^2$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N} - \left(\frac{\sum x_i}{N} \right)^2}$$

atau

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum f x_i^2}{N} - \left(\frac{\sum f x_i}{N} \right)^2}$$

Contoh: Dari data-data dalam contoh kita sebelumnya dapat kita tentukan harga Sd-nya. Untuk mari kita lihat tabel berikut.

X_i	f	$f \cdot X_i$	$f \cdot X_i^2$
235	1	235	55225
234	2	468	109512
233	1	233	51289
231	2	462	106722
230	1	230	52900
229	1	229	52441
228	1	228	51984
227	2	454	103058
226	1	226	51076
$N = 12$		$\sum f X_i = 2765$	$\sum f \cdot X_i^2 = 637207$

$$\begin{aligned}
 Sd &= \sqrt{\frac{\sum f \cdot X_i^2}{N} - \left(\frac{\sum f \cdot X_i}{N}\right)^2} \\
 &= \sqrt{\frac{637207}{12} - \left(\frac{2765}{12}\right)^2} \\
 &= \sqrt{53100,583 - 53091,84} \\
 &= \sqrt{8,743} = 2,965
 \end{aligned}$$

Rumus Sd diatas dapat juga digunakan pada distribusi bergolong dengan menukar nilai X_i dengan titik-titik tengah tiap interval kelasnya (X_T).

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum f \cdot X_T^2}{N} - \left(\frac{\sum f \cdot X_T}{N}\right)^2}$$

Contoh: Tentukanlah Sd dari sekumpulan data statistik seperti dalam tabel berikut ini.

X_i	X_T	f	$f \cdot X_T$	$f \cdot X_T^2$
55 - 59	57	1	57	3244
50 - 54	52	1	52	2704
45 - 49	47	3	141	6627
40 - 44	42	4	168	7056
35 - 39	37	6	222	8214
30 - 34	32	7	224	7168
25 - 29	27	12	324	8748
20 - 24	22	6	132	2904
15 - 19	17	8	136	2312
10 - 14	12	2	24	288
		$N = 50$	$\sum f \cdot X_T = 1480$	$\sum f \cdot X_T^2 = 49265$

$$\begin{aligned}
 Sd &= \sqrt{\frac{\sum f \cdot X_T^2}{N} - \left(\frac{\sum f \cdot X_T}{N}\right)^2} \\
 &= \sqrt{\frac{49265}{50} - \left(\frac{1480}{50}\right)^2} \\
 &= \sqrt{985,3 - 876,16} \\
 &= 10,447
 \end{aligned}$$

Selain dari rumus-rumus tersebut diatas kita dapat juga menentukan Sd dengan sistem kode sebagai berikut:

$$Sd = i \sqrt{\frac{\sum f \cdot x'^2}{N} - \left(\frac{\sum f \cdot x'}{N}\right)^2}$$

dimana, x' = deviasi kode dari Mean terkaan.

Contoh: Dari data-data seperti dalam tabel dengan interval (i)
 $= 5$ dan $N = 50$

X_i	X_T	f	x'	$f \cdot x'$	$f \cdot x'^2$
55 - 59	57	1	+ 6	6	36
50 - 54	52	1	+ 5	5	25
45 - 49	47	3	+ 4	12	48
40 - 44	42	4	+ 3	12	36
35 - 39	37	6	+ 2	12	24
30 - 34	32	7	+ 1	7	7
25 - 29	27	12	0	0	0
20 - 24	22	6	- 1	- 6	6
15 - 19	17	8	- 2	-16	32
10 - 14	12	2	- 3	- 6	18
		$N=50$		$\sum fx' = 26$	$\sum fx'^2 = 232$

$$S_d = i \sqrt{\frac{\sum fx'^2}{N} - \left(\frac{\sum f \cdot x'}{N}\right)^2}$$

$$= 5 \sqrt{\frac{232}{50} - \left(\frac{26}{50}\right)^2}$$

$$= 5 \sqrt{4,64 - 0,2704}$$

$$= 5 \sqrt{4,3696} = 5 \cdot (2,0935)$$

$$= 10,45179$$

C. PEMAKAIAN KURVA NORMAL.

1. Pengertian:

Distribusi Normal adalah suatu penyebaran data yang paling banyak dipakai didalam kegiatan penelitian yang menggunakan pendekatan Statistik. Distribusi ini pertama kali diperkenalkan oleh Huguenot dan Abraham de Moivre pada tahun 1733 dalam teorinya mengenai Distribusi Binomial. Kemudian dikembangkan oleh Gauss pada tahun 1809 dengan Teori Kemungkinan (Low of Error), sehingga distribusi ini disebut juga distribusi Gauss.

Fungsi persamaan kurva normal dapat ditentukan dengan rumus:

$$y = \frac{N}{Sd \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{X - \bar{X}}{Sd} \right)^2}$$

dimana: y = tinggi ordinat kurva.

Sd = Standar deviasi

e = 2,71828 (bilangan Euler)

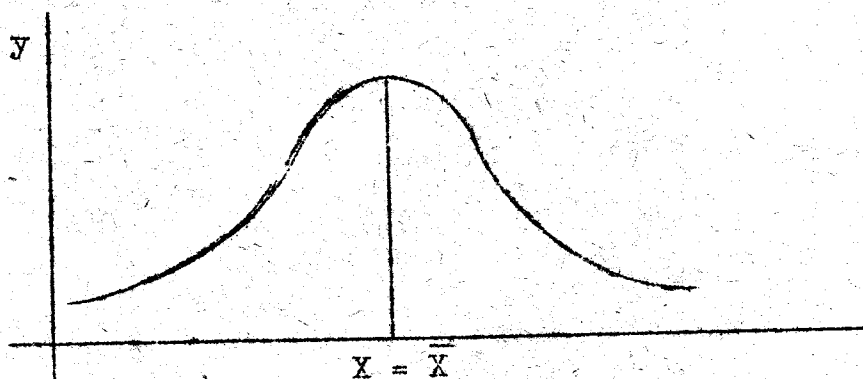
= 3,1415

X = data

\bar{X} = Mean

N = jumlah kasus atau luas total daerah dibawah kurva.

Grafik fungsi tersebut berbentuk kurva yang semetris terhadap sumbu vertikal melalui $X = \bar{X}$ seperti tergambar.



2. Bilangan Standar (Z_{score})

Pada umumnya kita tidak perlu mempergunakan rumus persamaan kurva normal diatas, oleh karena banyak ditemui berbagai kesukaran didalam penyelesaian persamaan matematikanya.

Dalam hal ini kita lebih mementingkan luas daerah yang terletak dibawah kurva tersebut, Oleh karena kurva normal disusun dari setiap pasangan harga X dan Sd , tentu kita akan mendapatkan bermacam-macam kurva normal dengan luas yang berbeda-beda.

Untuk menghindarkan hal demikian maka kita memerlukan suatu kurva normal Standar yang dapat dikonsultasikan dengan kurva normal manapun juga.

Kurva normal Standar ini adalah suatu kurva normal yang mempunyai $X = 0$, $Sd = 1$, sehingga persamaan kurva normal dapat ditulis dalam bentuk:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} Z^2}$$

$$\text{dimana: } Z = \frac{X - \bar{X}}{Sd}$$

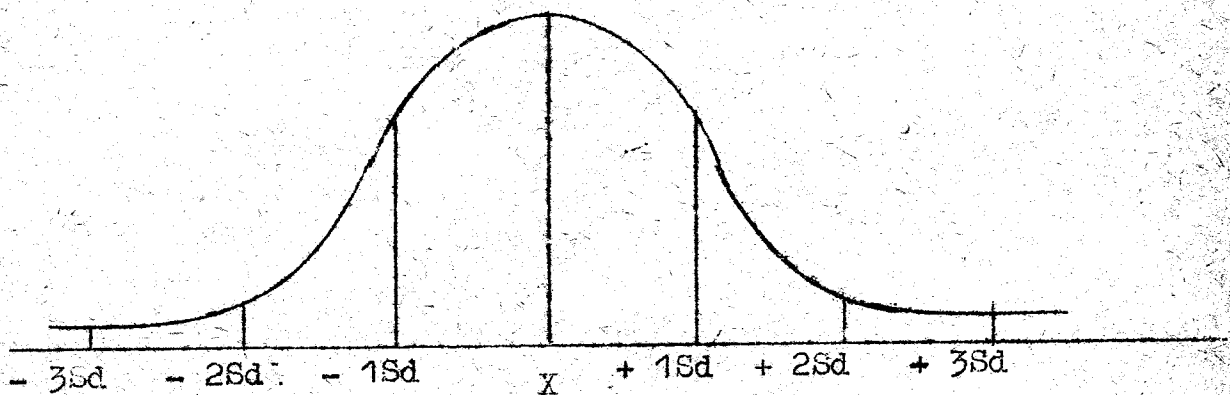
X = data

\bar{X} = Mean

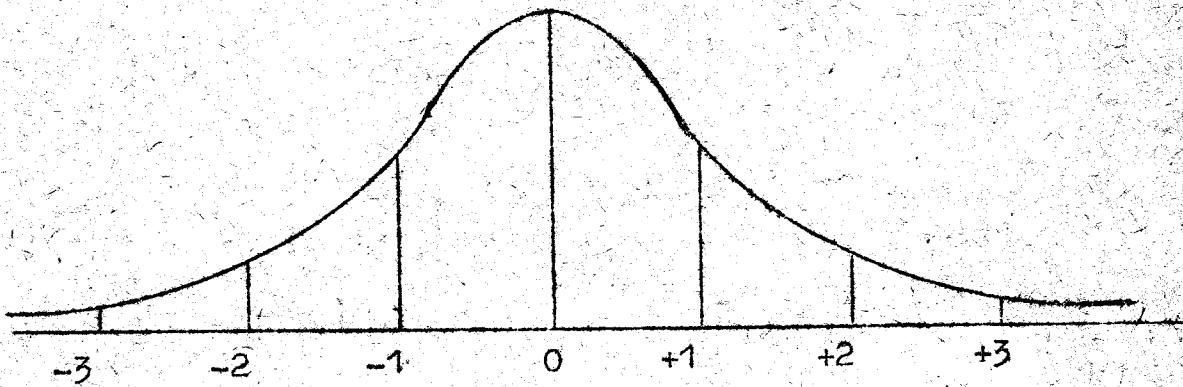
Sd = Standar deviasi

Z = Standar Score.

Berdasarkan perhitungan Sd , maka luas daerah dibawah kurva normal dapat kita bagi sebagai berikut:



Sedangkan menurut perhitungan Z_{score} , maka luas daerah dibawah kurva normal Standar dibagi sebagai berikut:



$$Z = \frac{X - \bar{X}}{Sd}$$

Pada dasarnya Z_{score} adalah merupakan koefisien dari Standar deviasi yakni ukuran penyimpangan sesuatu data dari Mean dalam satuan Sd-nya.

Apebila kita substitusikan nilai-nilai Z kedalam persamaan

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} Z^2} \quad \text{maka didapat harga } y \text{ sebagai berikut:}$$

$$\text{untuk } Z = 0, y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} = 0,3989$$

$$Z = 1, y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}} = 0,2420$$

$$Z = +2, y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-2} = 0,0540$$

$$Z = +3, y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-4\frac{1}{2}} = 0,0044$$

Oleh karena grafik tersebut simetris maka harga y , untuk $Z = -1$, $Z = -2$ dan $Z = -3$ sama dengan harga Z seperti diatas. Biasanya harga ordinat (y) sudah ditentukan tabel tersendiri (lampiran).

Demikian juga halnya luas daerah untuk masing-masing pembagian tersebut sudah tersusun pula didalam tabel tersendiri (lampiran), sehingga luas daerah antara:

$Z = 0$ dan $Z = + 1$ adalah 0,3413
 $Z = 0$ dan $Z = + 2$ adalah 0,4772
 $Z = 0$ dan $Z = + 3$ adalah 0,49865
 $Z = 0$ dan $Z = - 1$ adalah 0,3413
 $Z = 0$ dan $Z = - 2$ adalah 0,4772
 $Z = 0$ dan $Z = - 3$ adalah 0,49865

Dengan demikian berarti luas daerah pada $Z = \pm 1$, adalah:
 $0,3413 + 0,3413 = 0,6826$ atau cara kasarnya mendekati 65 %.
Untuk $Z = \pm 2$ adalah $0,4772 + 0,4772 = 0,9544$ atau 95 %, se-
dangkan untuk $Z = \pm 3$ adalah $0,49865 + 0,49865 = 0,9973$ kira-
kira 99 %.

PERHITUNGAN MEKANISME PEMINDAH GERAKAN

A. Pengantar.

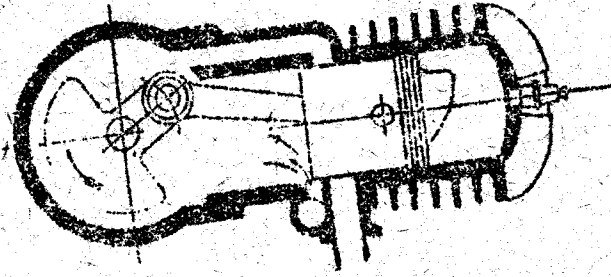
Perhitungan mekanisme pemindah gerakan merupakan salah satu bagian dari proses perencanaan bagian-bagian atau elemen mesin yang menitik beratkan pada analisa kinematik yakni membahas perihal gerakan satu elemen mesin ke elemen lainnya.

Adapun sistim pemindah gerakan secara prinsipnya diklasifikasikan atas:

- a. Sistim kontak langsung, dimana adanya dua elemen mesin yang saling berhubungan/bersinggungan antara unsur penggerak dan yang digerakan.
- b. Sistim ikatan flexible tekan fluida, dimana diperlukan suatu media perantara dalam pemindah gerakan dari unsur penggerak dengan yang digerakan.
- c. Sistim batang penyambung hubungan yang disusun menurut aturan dan kaidah tertentu melalui titik-titik ikatan.

Apapun tipe sistim pemindah gerakan yang digunakan, semuanya pasti memerlukan analisa kinematik yang dimulai dari menetapkan sistim gerakannya sampai kepada analisa kecepatan dan percepatannya.

Berikut ini diperlihatkan salah satu contoh mekanisme mesin yang dirakit menurut sistim pemindah gerakan dengan batang penyambung hubungan (link). Mekanisme serupa ini dinamakan mekanisme Piston-batang penggerak.



B. Dasar analisa gerakan.

Perhatikan kembali mekanisme piston batang penggerak di atas, ditinjau dari sudut gerakan disini terdapat beberapa tipe gerakan seperti:

- a. gerakan translasi maju mundur piston.
- b. gerakan rotasi dari engkol.
- c. gerakan kombinasi translasi dan rotasi batang penggerak engkol.

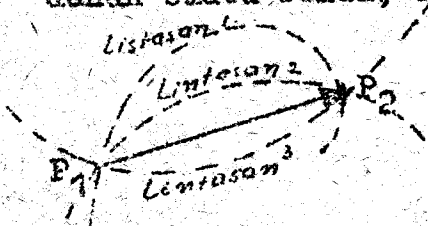
Adapun tipe gerakannya, yang jelas sesuatu gerak benda biasanya akan digambarkan oleh adanya perpindahan, kecepatan dan percepatan.

Beberapa pengertian berkenaan dengan besar fisis yang menggambarkan gerak suatu benda.

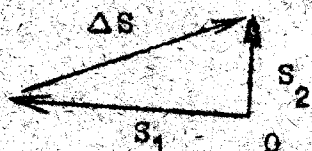
1. Perpindahan (displacemen).

Perpindahan adalah besar fisis yang menyatakan jarak yang menghubungkan dua tempat asal ketempat akhir pergerakan, atau perubahan posisi sebagai suatu efek pergerakan, perpindahan termasuk besaran vektor yang tidak tergantung kepada lintasan benda dari posisi awal atau akhir.

Perhatikan gambar berikut ini, merupakan perpindahan suatu benda, dengan lintasan yang berbeda-beda



menghasilkan perpindahan yang sama (tetap). Perpindahan ditentukan oleh vektor P_1P_2



Besar perpindahan diwakili oleh jarak P_1P_2 . Biasanya perpindahan di notasikan dengan ΔS meter.

2. Kecepatan (Velocity) linier.

Kecepatan adalah besaran vektor yang menyatakan perbandingan antara perpindahan dengan waktu selang perpindahan tersebut.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{s_1 - s_2}{t_2 - t_1} \quad \text{m/detik}$$

Besarnya kecepatan disebut dengan istilah kelajuan (Speed) yang dapat kita baca melalui speedometer.. Definisi kecepatan diatas dinamakan kecepatan rata-rata sebab tergantung pada dua interval waktu tertentu.

Untuk kecepatan sesaat suatu benda selang perubahan waktu relatif singkat didefinisikan dengan:

$$v = \frac{ds}{dt} \quad \text{m/det.}$$

3. Percepatan (acceleration) linier.

Pada umumnya kecepatan suatu benda dapat berubah-ubah setiap saat yang ditandai adanya percepatan/perlambatan. Percepatan inipun termasuk besaran vektor dan biasanya perubahan kecepatan dapat terjadi dalam arah maupun besarnya saja. Jika tidak terjadi perubahan arah percepatan yang timbul disebut percepatan linier.

Besarnya perubahan kecepatan dibandingkan dengan selang waktu perubahan diamati dinamakan percepatan rata-rata.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad \text{m/det}^2$$

Untuk percepatan sesaat, pada selang waktu relatif singkat didefinisikan:

$$\bar{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} \quad \text{m/det}^2$$

Analogi dari pengertian diatas maka pada gerak rotasi diturunkan:

4. Kecepatan sudut (ω)

Kecepatan sudut adalah besarnya busur atau sudut putar yang dilalui/dibentuk oleh titik pada selang tertentu

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} \quad \text{rad/det}$$

Untuk selang waktu relatif singkat kecepatan sudut sesaat diturunkan

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad \text{rad/det}^2$$

5. Percepatan sudut (α).

Percepatan sudut adalah besarnya perubahan kecepatan sudut dalam selang waktu perubahan diamati.

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad \text{rad/det}^2$$

Atau untuk selang waktu relatif singkat, percepatan sudut sesaat didefinisikan

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad \text{rad/det}^2$$

Jika untuk satu putaran penuh diperoleh waktu keliling (periode) t detik maka,

$$\omega = \frac{\text{besar sudut yang ditempuh}}{\text{lama menempuh}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{t} \text{ rad/det.}$$

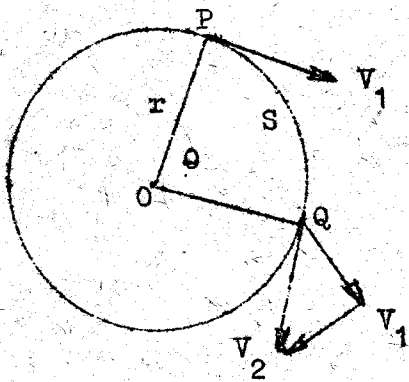
Biasanya dalam mekanisme mesin sering dipakai n putaran tiap menit, maka:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ rad/det.}$$

6. Hubungan gerak translasi dan Rotasi.

Pada prinsipnya suatu benda melakukan gerak akan menjalani dua gerakan sekaligus yakni rotasi dan translasi. Oleh karena itu kita dapat mencari beberapa bentuk hubungan antara dua tipe gerakan tersebut.

Misalkan poros engkol pada mekanisme diatas berputar dengan putaran tertentu. Titik P kita misalkan pada ikatan batang penggerak dengan engkol menjalani gerak beraturan (konstan), maka:



Jika V_1 dan V_2 masing-masing vektor kecepatan dan θ besar sudut perpindahan dan S adalah panjang busur/lintasan dalam selang waktu t , maka:

$$\text{Kecepatan } V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

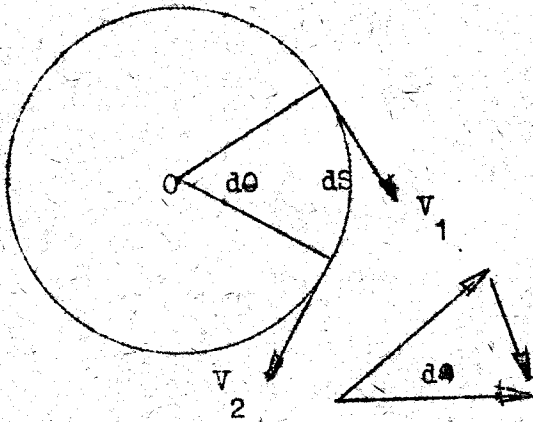
Dengan menurunkan limit untuk $\Delta t \rightarrow 0$ maka diperoleh:

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

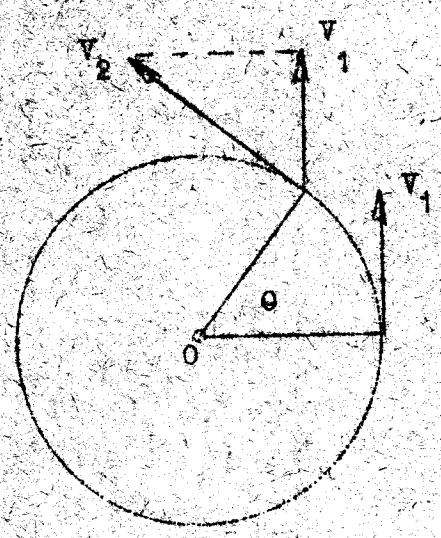
$$\text{dimana } S = r \cdot \theta$$

$$V = r \cdot \frac{d\theta}{dt}, \text{ dimana } \frac{d\theta}{dt} = \omega$$

$$\text{sehingga, } V = \omega r \text{ m/det}$$



Sedangkan pada gerak rotasi dengan percepatan berubah beraturan diturunkan sbb:



$$\bar{\alpha} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt}$$

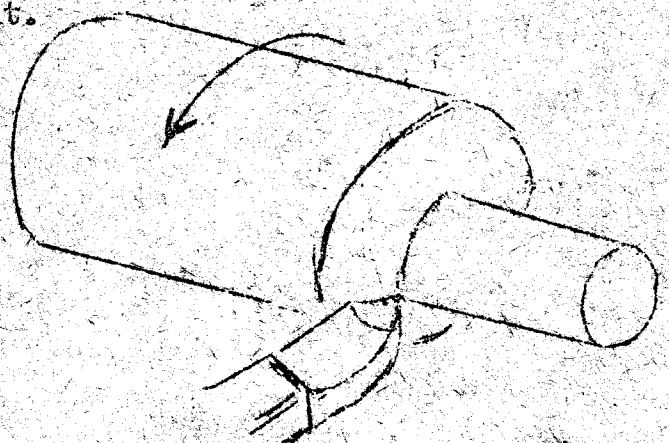
$$\begin{aligned} \text{Jadi } a_t &= \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega r)}{dt} \\ &= r \cdot \frac{d\omega}{dt} \end{aligned}$$

$$a_t = \alpha \cdot r \text{ rad/det}$$

C. Kecepatan potong mesin.

Kecepatan potong prinsipnya identik dengan pengertian kecepatan sudut pada gerak rotasi, yakni kecepatan putar benda kerja relatif terhadap pahat/pisau potong atau sebaliknya, tergantung jenis mekanisme mesin yang dipergunakan.

Untuk mesin bubut kecepatan potong (cutting speed) diartikan sebagai kecepatan permukaan benda kerja dengan diameter tertentu melalui/melewati satu titik dalam hal ini ujung mata pahat.



- Apabila:
- D = diameter permukaan benda kerja.
 - n = putaran tiap menit

maka, keliling atau jarak tempuh satu sayatan/potongan permukaan melalui mata pahat satu putaran adalah D, sehingga kecepatan potong

$$v = \frac{D}{\text{waktu}}$$

atau

$$S = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \text{ m/menit.}$$

Contoh:

Sebuah benda kerja dengan diameter 25 mm, dipasang pada mesin bubut dengan kecepatan putaran $n = 800$ rpm. Hitung kecepatan potongnya.

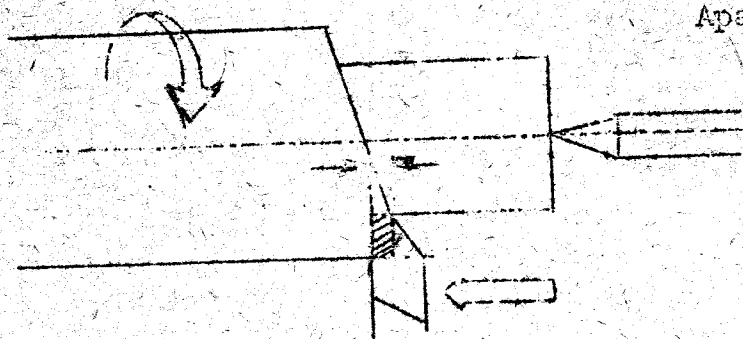
Penyelesaian:

$$\begin{aligned} S &= \frac{\pi D \cdot n}{1000} \\ &= \frac{22 \cdot 7 \cdot D \cdot n}{7 \cdot 1000} \\ &= \frac{22 \cdot 25 \cdot 800}{7 \cdot 1000} \\ &= 63 \text{ m/menit.} \end{aligned}$$

Berikut ini diberikan nilai-nilai kecepatan potong beberapa jenis bahan.

Jenis bahan	Kecepatan potong dalam m/menit.
Besi tuang lunak	18 - 30
Besi tuang keras	12 - 18
Mild Steel	21 - 25
Tool Steel	12 - 15
Kuningan	45 - 60
Perunggu	12 - 18
Aluminium	210 - 300

Sedangkan kecepatan permukaan (feed) dapat diartikan sebagai jumlah pemotongan yang dilakukan oleh pahat potong tiap menit atau jumlah putaran benda kerja dibutuhkan untuk berpindahnya pahat 1 mm.



Apabila;

- f = feed (pemakanan) mm
- l = panjang bubutan
- n = putaran tiap menit
- t = waktu yang diperlukan selama pemotongan

Perpindahan pahat dalam feed = kecepatan x feed

$$x = n \times f \quad \text{mm/menit.}$$

Waktu pemotongan = $\frac{\text{panjang bubutan}}{\text{Perpindahan pahat}}$

$$t = \frac{l}{x} = \frac{l}{n \times f} \quad \text{menit.}$$

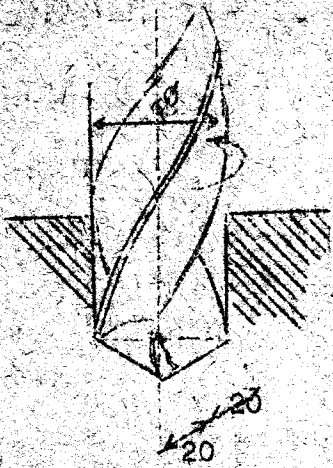
Contoh:

Tentukan waktu yang diperlukan untuk membubut benda kerja dengan panjang bubutan 215 mm pada perputaran 156 rpm, dan pemakanan 0,38 mm.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} x &= n \times f \\ &= 156 \times 0,38 \\ &= 59,3 \text{ mm/menit} \\ t &= \frac{l}{x} \\ &= \frac{215}{59,3} \\ &= 3,63 \text{ menit.} \end{aligned}$$

Pada mesin bor kecepatan potong identik dengan kecepatan potong pada mesin bubut sehingga:



$$S = \frac{\pi d \cdot n}{1000} \text{ m/menit}$$

dimana:

S = kecepatan potong

n = putaran mesin tiap menit

d = diameter bor.

Contoh: Perkirakanlah kecepatan potong mesin bor, jika spindel berputar pada 400 rpm dengan diameter mata bor 10 mm.

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} S &= \frac{\pi d \cdot n}{1000} \\ &= \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 400}{1000} \\ &= 12,56 \text{ m/menit.} \end{aligned}$$

Berikut ini diperlihatkan suatu daftar kecepatan potong mata bor untuk beberapa jenis bahan,

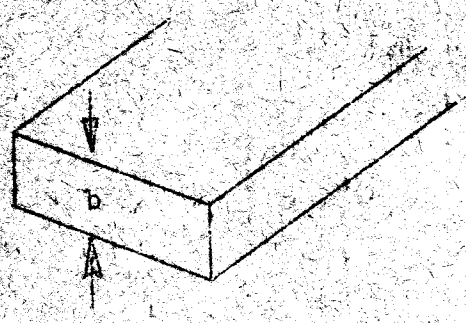
jenis bahan	kecepatan potong
Besi tuang lunak	15
Besi tuang keras	9 - 12
Mild Steel	15 - 18
Tool steel	9 - 12
Kuningan	30 - 40
Perunggu	9 - 12
Aluminium	160

Untuk menghitung feed mesin bor dapat ditentukan sbb:

Jika:

b = tebal bahan yang di-bor

N = jumlah pemotongan.



f = feed
 t = waktu
 mana,

$$\text{feed} = \frac{b}{N} \text{ mm/ putaran}$$

$$\text{waktu} = \frac{N}{n} \text{ menit.}$$

Contoh:

Sebuah mata bor berputar 400 rpm dengan feed 0,08 mm/putaran. Tentukanlah waktu yang diperlukan untuk mem-bor benda yang tebalnya 90 mm, tentukan juga kecepatan potongnya, jika d = 10 mm.

Penyelesaian:

$$\text{feed} = \frac{b}{N}$$

$$N = \frac{b}{\text{feed}} = \frac{90}{0,08} = 1125$$

$$t = \frac{N}{n} = \frac{1125}{400} = 2,81 \text{ menit.}$$

$$S = \frac{Z \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$= \frac{2 \cdot 10 \cdot 400}{1000}$$

$$= 8$$

Pada mesin Frais, kecepatan potongnya dapat dihitung dengan rumus:

$$S = \frac{Z \cdot D \cdot n}{1000}$$

dimana, n = putaran spindle
 D = diameter pisau frais

Sedangkan feed biasanya tergantung pada jenis pisau frais (cutter), yakni ditentukan oleh jumlah gigi pisau dan dinyatakan dengan mm/gigi; atau

$$\begin{aligned} \text{feed/putaran} &= \text{jumlah gigi} \times \text{feed/gigi} \\ &= Z \times \frac{f}{\text{gigi}} \end{aligned}$$

Contoh:

Sebuah pisau frais dengan diameter 90 mm, jumlah gigi 15, kecepatan potong 18 mm/menit dengan feed 0,05/gigi. Tentukanlah putaran spindle, feed/menit.

Penyelesaian:

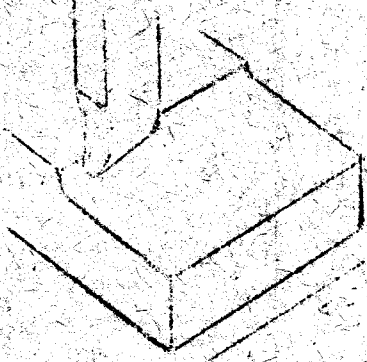
$$\begin{aligned} n &= \frac{1000 S}{Z D} \\ &= \frac{1000 \times 18}{3,14 \times 90} \\ &= 64 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{feed/put} &= Z \times \text{feed/gigi} \\ &= 15 \times 0,05 \text{ mm} \\ &= 0,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{feed/menit} &= \text{feed/put} \times n \\ &= 0,75 \times 64 \text{ mm/menit} \\ &= 48 \text{ mm/menit.} \end{aligned}$$

Untuk Mesin Skrap kecepatan potong perlu disesuaikan dengan faktor-faktor yang berikut:

- jenis bahan
- tipe dan model pemotongan
- ukuran pemotongan dan kedalaman pemotongan



L = panjang langkah

Kecepatan potong engkol penggerak mesin berbeda dalam setiap langkah, biasanya diperkirakan pada langkah pemotongan (maju) $\frac{3}{5}$ kali dari putaran engkol dan langkah kembali $\frac{2}{5}$ kali putaran engkolnya.

Kecepatan potong = Jumlah langkah x $\frac{\text{panjang langkah dalam m}}{1000}$ x $\frac{5}{3}$
setiap menit

atau $\frac{\text{Jumlah langkah}}{\text{menit}} = \frac{\text{Kecepatan potong}}{\text{Panjang langkah}/1000} \times \frac{3}{5}$

Contoh:

Tentukan jumlah langkah/menit yang dibutuhkan untuk penyayatan besi tuang pada mesin skrap dengan kecepatan potong 20 m/menit dan panjang langkah 250 mm.

Jawab:

$$\text{Jumlah langkah} = \frac{\text{Kecepatan potong} \times 1000}{\text{Panjang langkah}} \times \frac{3}{5}$$

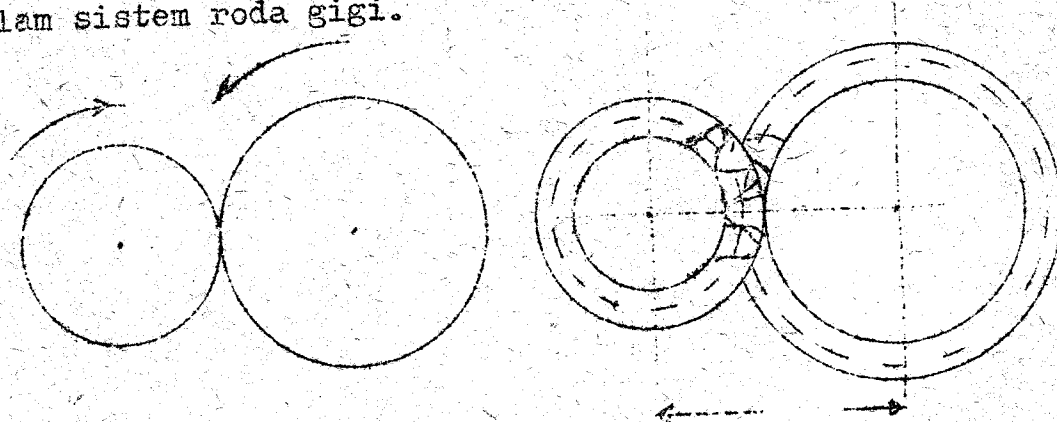
$$= \frac{20 \times 1000}{250} \times \frac{3}{5}$$

$$= 48 \text{ langkah/menit.}$$

D. RATIO DAN PEMINDAH GERAKAN DENGAN RODA GIGI.

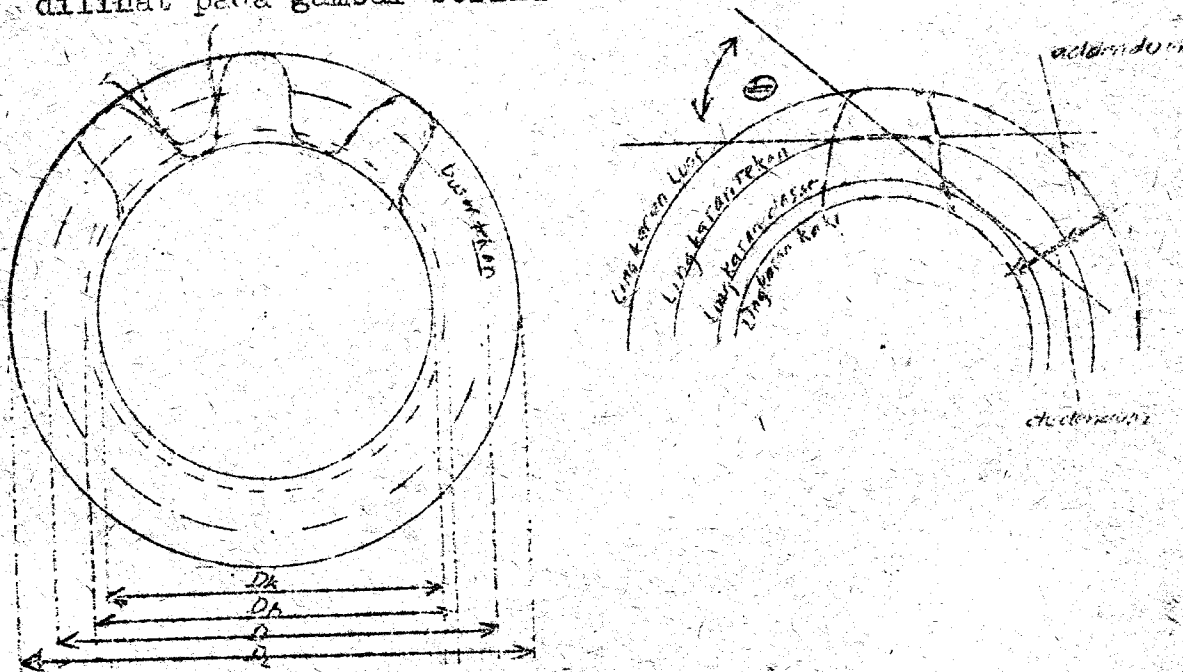
Roda gigi merupakan salah satu mekanisme yang digunakan dalam perlengkapan mesin, sebagai element pemindah gerakan melalui sistem kontak langsung. Terutama fungsinya adalah untuk memindahkan tenaga dan gerak dari poros keporos lainnya.

Jika dua buah roda yang berbentuk selinder dan saling bersinggungan pada permukaan kelilingnya maka yang lain ikut berputar. Proses pemindahan seperti ini dapat diterangkan dalam sistem roda gigi.



- Bagian-bagian utama Roda gigi.

Dasar perhitungan roda gigi sering berpodoman kepada diameter lingkaran tekan, yakni garis lingkaran imajiner yang menghubungkan titik-titik tempat terjadinya hubungan atau kontak langsung diantara dua roda gigi yang saling berpasangan. Adapun bagian-bagian utama sebuah roda gigi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Keterangan:

- Dk = diameter lingkaran kaki
- D = diameter lingkaran tekan
- Dl = diameter lingkaran luar/kepala
- Db = busur tekan (tusukan)
- a = addendum (tinggi kepala roda gigi)
- d = dedendum (tinggi kaki roda gigi)
- θ = sudut penekanan (kontak).

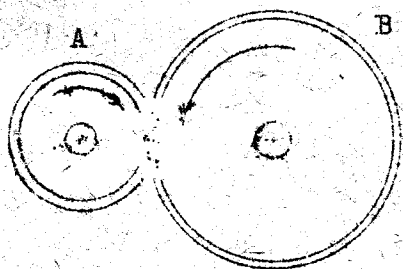
- Ratio kecepatan Roda gigi.

Sepasang roda gigi yang sedang memindahkan tenaga/gerakan maka kecepatan linier atau keliling sebuah titik yang berimpit pada lingkaran tusuk akan selalu sama sehingga:

$$V_A = \left(\frac{Z D \cdot n}{60} \right)_A \quad V_B = \left(\frac{Z D \cdot n}{60} \right)_B$$

$$V_A = V_B$$

$$\text{maka: } \frac{D_A \cdot n_A}{60} = \frac{D_B \cdot n_B}{60}$$



$$D_A \cdot n_A = D_B \cdot n_B$$

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{D_B}{D_A}$$

(disebut ratio kecepatan putar).

Apabila jumlah gigi pada roda gigi A dan B, masing-masingnya Z_A dan Z_B , maka, dalam satu menit jumlah yang dilalui pada roda gigi A adalah: $Z_A \cdot n_A$ dan untuk roda gigi B, $Z_B \cdot n_B$, sehingga ratio putarannya:

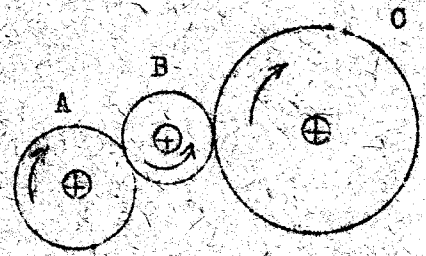
$$Z_A \cdot n_A = Z_B \cdot n_B$$

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{Z_B}{Z_A}$$

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{D_B}{D_A} = \frac{Z_B}{Z_A}$$

Didalam prakteknya kita sering menjumpai beberapa rangkaian an roda gigi guna mendapatkan suatu perbandingan putaran dan arah yang diinginkan.

- Rangkaian dengan tiga roda gigi.



$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{Z_B}{Z_A}, \quad \frac{n_B}{n_C} = \frac{Z_C}{Z_B}$$

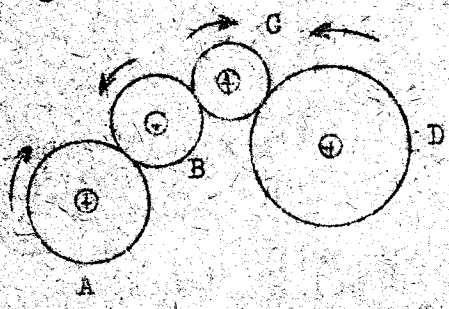
$$n_B = \left(\frac{Z_C}{Z_B}\right) \cdot n_C$$

$$\frac{n_A}{\frac{Z_C}{Z_B} \cdot n_C} = \frac{Z_B}{Z_A}$$

$$\frac{n_A}{n_C} = \left(\frac{Z_B}{Z_A}\right) \cdot \frac{Z_C}{Z_B}$$

$$\frac{n_A}{n_C} = \frac{Z_C}{Z_A}$$

- Rangkaian dengan empat roda gigi.

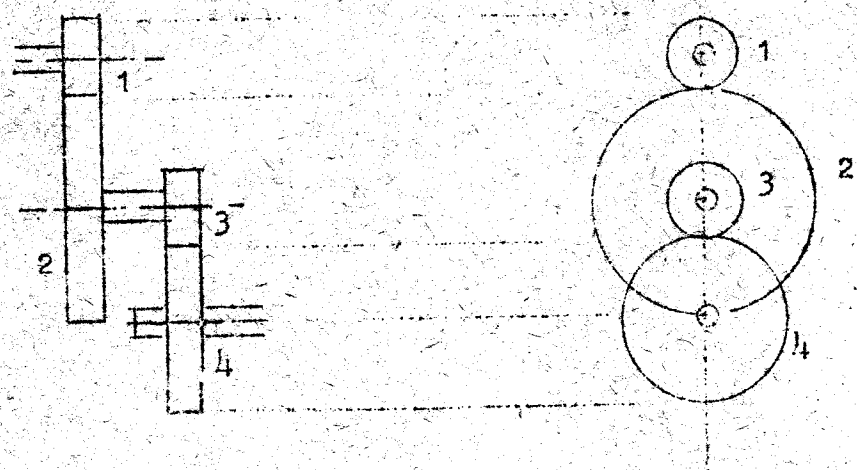


Analogi dengan cara diatas diperoleh:

$$\frac{n_A}{n_D} = \frac{Z_D}{Z_A}$$

Rangkaian-rangkaian roda gigi yang disusun dengan cara-cara pasangan diatas fungsinya hanya untuk mendapatkan " arah putaran ".

Selain dari susunan rangkaian seperti diatas kita jumpai pula susunan rangkaian roda gigi yang seporos. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut:



Perhatikan gambar diatas, pemindahan gerakan dilakukan dari A ke B disebut pemindahan pertama. Sedangkan dari B ke C sepusat, maka n_B sama dengan n_C . Kemudian dari C ke D disebut pemindahan kedua.

$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{Z_B}{Z_A}, \quad \frac{n_C}{n_D} = \frac{Z_D}{Z_C}$$

$$n_B = n_C$$

$$\frac{n_B}{n_D} = \frac{Z_D}{Z_C} \quad n_B = \left(\frac{Z_D}{Z_C} \right) n_D$$

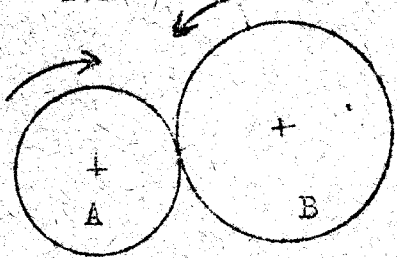
$$\frac{n_A}{\left(\frac{Z_D}{Z_C} \right) n_D} = \frac{Z_B}{Z_A}$$

$$\frac{n_A}{n_D} = \frac{Z_B}{Z_A} \times \frac{Z_D}{Z_C}$$

KEMENTERIAN PERTANAKAN
- IKIP PADANG -

Contoh soal.

1. Sebuah roda gigi diameter tekannya 150 mm, berputar pada 100 rpm, memutar sebuah roda gigi lainnya dengan diameter 250 mm. Tentukanlah jumlah putaran roda gigi yang lain.



Penyelesaian: Misalkan roda gigi yang berputar memutar A sedangkan yang diputar B.

$$V.R. = \frac{N_A}{N_B} = \frac{D_{p.B}}{D_{p.A}} = \frac{100}{150}$$

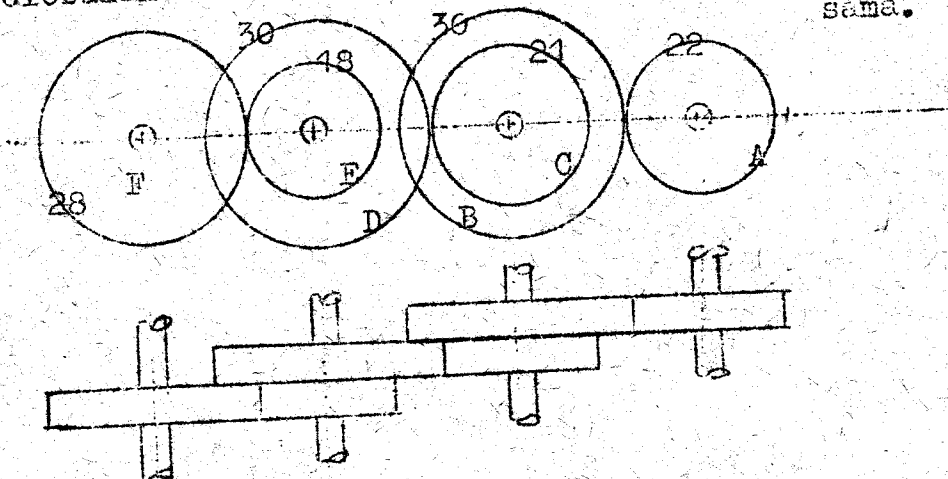
$$N_B = \frac{15000}{250} = 60 \text{ rpm}$$

Kecepatan linier titik pada lingkaran tekan dapat dihitung dengan:

$$V = \pi D_p \cdot n = \frac{3,14 \times 150 \times 100}{6 \times 1000} = \frac{47000}{60.000} = 0,785 \text{ m/sec.}$$

2. Tentukan perbandingan putaran roda gigi A dan roda gigi F dari suatu susunan roda gigi seperti tergambar.

Penyelesaian: BC dan DE terkunci bersama maka putarannya sama.



$$\frac{N_A}{N_B} = \frac{30}{22}, \quad \frac{N_E}{N_F} = \frac{28}{18} \text{ dan } \frac{N_C}{N_D} = \frac{30}{21}$$

$$\frac{N_A}{N_F} = \frac{30}{22} \times \frac{30}{21} \times \frac{28}{18} = \frac{100}{33} \implies V.R. = \frac{100}{33}$$

E. HUBUNGAN RODA GIGI DENGAN PRAKTEK KERJA MESIN.

Dalam praktek kerja mesin, roda gigi sangat memegang peranan penting, sebagai alat untuk meneruskan putaran dan daya seperti pada putaran poros utama keporos transportir sebuah mesin bubut.

Untuk membuat ulir pada mesin bubut terlebih dahulu harus diketahui roda gigi pengganti yang akan dipakai, sesudah itu baru dilakukan penyayatan ulir.

Mencari dan menentukan roda gigi pengganti, biasanya dilaksanakan pada mesin bubut model lama. Pada mesin-mesin bubut moderen proses tersebut cukup hanya dengan memutar dan mengatur handel-handel yang telah disediakan, sesuai dengan daftar dan gambar pada plat yang terpampang pada mesin itu sendiri.

Pembuatan roda gigi.

Umumnya pembuatan sebuah roda gigi dilakukan dengan mesin frais atau dengan jalan mengefrais. Dalam membuat dan memfrais roda gigi terlebih dahulu ditetapkan sistim perhitungannya.

Ada dua sistim yang masing-masingnya agak berlainan tetapi pada prinsipnya hal tersebut adalah sama. Sistim tersebut adalah:

1. Sistim Modul (Metric module system), yakni sistim yang banyak dikembangkan dan berasal dari negeri Belanda.

Ada tiga macam diameter yang penting dalam pembuatan roda gigi yaitu:

- a. Diameter luar (D_1)
- b. Diameter tekan (D)
- c. Diameter kaki (D_k).

Diameter luar = Diameter tekan + 2 Addendum.

sedangkan Addendum = Modul (M)

jumlah gigi = Z

jadi

Diameter luar = jumlah gigi. Modul + 2 Modul

$$D_1 = Z \times M + 2 M$$

$$D_1 = (Z + 2) M$$

Diameter Tekan = $Z \times M$

Diameter kaki = $(Z - 2,25) M$ atau
 = $(Z - 2) M$

Contoh. 1. Tentukan diameter luar dan tinggi total propil gigi roda gigi lurus dengan 56 buah gigi dan modul 6 mm.

Jawab. $D_p = Z \times M = 56 \times 6 \text{ mm} = 336 \text{ mm}$
 Modul = 6 mm

$D_1 = D_p + 2 M = 336 + 2 \times 6 \text{ mm}$
 = $336 + 12 = 348 \text{ mm}$

Tinggi gigi = $2 \times M$
 = $2 \times 6 \text{ mm} = 12 \text{ mm}$.

2. Sebuah roda gigi perantara mempunyai diameter luar 141 mm dan 45 buah gigi. Tentukanlah modul dan tinggi propil gigi.

Jawab. $D_1 = 141 \text{ mm}, Z = 45.$

$D_1 = D_p \times M + 2 \times M$
 = $Z \times M + 2 \times M$

$141 = 45 \times M + 2 \times M$
 = $47 M$

$M = \frac{141}{47} = 3 \text{ mm}$.

Tinggi propil gigi = $h = 2,25 M$
 = $2,25 \times 3 \text{ mm} = 6,75 \text{ mm}$

Dalam praktek kerja mesin, membuat suatu roda gigi harus diketahui beberapa ukuran seperti contoh diatas.

Berikut ini diberikan contoh pembuatan roda gigi lurus (Spor gier).

Contoh. Hitunglah ukuran-ukuran untuk membuat roda gigi dengan jumlah gigi 30 dan modul 4.

Jawab. $D_1 = (Z + 2) M = (30 + 2) 4 = 128 \text{ mm}$

$$D_o = Z \times M = 30 \times 4 = 120 \text{ mm}$$

$$D_k = (Z - 2) M = (30 - 2) 4 = 112 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi gigi} = h = 2 \times M = 2 \times 4 = 8 \text{ mm}$$

Didalam pembuatan memrais roda gigi dengan modul 4 - 10 biasanya difrais dengan 8 buah cutter (pisau frais) seperti dalam tabel berikut.

No. cutter	1	2	3	4	5	6	7	8
Banyak gigi	12-12	14-16	17-20	21-25	26-34	35-54	55-134	135- set

Sesuai dengan perhitungan diatas jika modul 4 maka dipakai cutter nomor 5 (sesuai dengan jumlah gigi).

2. Sistem DP (diametral pitch system).

Sistem ini banyak dikembangkan dan berasal dari Amerika dan Inggris. Biasanya sistem DP satuannya lebih dikenal dalam inchi.

Diametral pitch adalah ukuran banyaknya gigi yang terletak pada diameter tekan (tusukan).

$$\text{Diametral pitch} = \frac{\text{jumlah gigi}}{\text{diameter tekan}}$$

$$DP = \frac{Z}{D_p}$$

$$\text{Diameter luar} = \text{Diameter tekan} + 2 \text{ Addendum,}$$

$$\text{sedangkan Addendum} = \frac{1}{DP}$$

$$D_1 = \frac{Z}{DP} + \frac{2}{DP}$$

$$= \left(\frac{Z + 2}{DP} \right) \text{ inchi}$$

Contoh: Tentukan ukuran-ukuran dari suatu roda gigi dengan sis - DP, jika diketahui jumlah gigi 60 buah dengan diameter tekan 4"

Penyelesaian:

$$DP = \frac{Z}{D_p} = \frac{60}{40} = 15.$$

$$D_1 = \frac{Z}{D_p} + \frac{2}{D_p}$$

$$= \frac{60}{15} + \frac{2}{15} = \frac{62}{15}$$

$$D_1 = 4\frac{2}{15} "$$

Didalam praktek kerja mesin modul yang dipakai biasanya adalah:

- Dari 0,5 - 4 dengan kenaikan tiap modul 0,25
- Dari 4 - 7 dengan kenaikan tiap modul 0,5
- Dari 7 - 20 dengan kenaikan tiap modul 1.

Jadi tiap-tiap modul dari 0,5 s/d 10 mempunyai satu pisau frais yang terdiri dari 8 buah dengan nomor 1 sampai 8 seperti dalam tabel diatas.

Jika kode $M_2 - 7$ berarti modul 2, nomor cutter 7 dipergunakan untuk membuat roda gigi dengan jumlah gigi 55 - 134.

Selain cara diatas pembuatan roda gigi dapat pula dilakukan dengan sisitim kepala pembagi (Dividing Head).

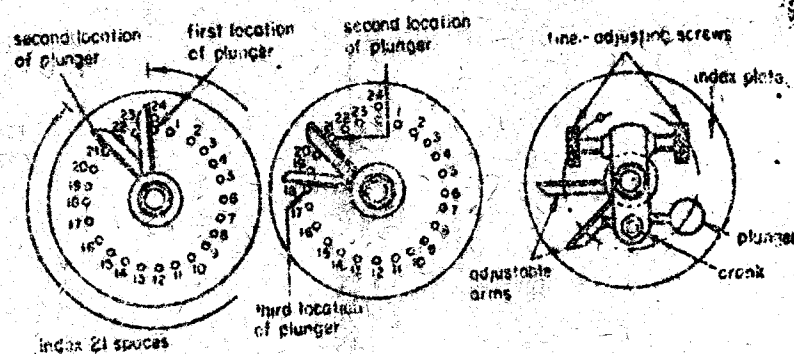
Sisitim ini terbagi atas:

1. Sample indexing (pembagi sederhana)
2. Compound indexing (pembagi majemuk)
3. Diffrensial indexing (pembagi tingkat tinggi)
4. Anguler indexing (pembagian sudut).

Kepala pembagi adalah suatu alat perlengkapan mesin frais yang berfungsi untuk membagi suatu lingkaran benda kerja atau

beberapa pembagian yang sama.

Kepala pembagi ini dilengkapi dengan plat pembagi yang mempunyai lobang-lobang pembagian yang dipasang pada poros engkol pembagi mesin frais seperti tergambar



Klat pembagi tersebut terdiri beberapa lobang-lobang lingkaran sesuai dengan standarisasi mesin yang dipergunakan.

Untuk Brown and Sharpe kepala pembaginya terdiri atas 3 plat pembagi dengan lobang-lobang lingkaran sbb.

Plat no. 1 dengan lobang-lobang 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Plat no. 2 dengan lobang-lobang 21, 23, 27, 29, 31, 33.

Plat no. 3 dengan lobang-lobang 37, 39, 41, 43, 47, 49.

Menurut standard Cincinnati plat pembaginya dilengkapi dengan lobang-lobang lingkaran.

Tabel pertama, 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43.

Tabel kedua, 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66.

1. Simple Indexing (Pembagi sederhana).

Adalah salah satu cara yang sederhana digunakan untuk membuat pembagian benda kerja.

Umumnya kepala pembagi mempunyai roda gigi cacing (worm wheel) dengan 40 gigi. Jika engkol kepala pembagi berputar 40 kali maka benda kerja akan berputar 1 kali.

Apabila kita menghendaki n buah pembagian yang sama pada-

berda kerja pada setiap pembagiannya adalah $\frac{1}{n}$ x keliling benda kerja, sehingga putaran engkol yang dibutuhkan:

$$T = \frac{40}{n}$$

Contoh: Tentukan putaran engkol pembagi untuk 6 pembagian yang sama.

$$\begin{aligned} \text{Jawab: } T &= \frac{40}{n} \\ &= \frac{40}{6} = 6 \frac{4}{6} = 6 \frac{2}{3} \\ &= 6 \frac{14}{21} \text{ atau } 6 \frac{16}{24} \end{aligned}$$

Ini berarti dibutuhkan engkol pembagi ditambah 16 lubang pada piring pembagi yang berlubang 24. (lihat nomor plat pembagi).

2. Compound Indexing (Pembagi Majemuk).

Sistim ini sering digunakan bilamana pembagian yang dikehendaki tidak dapat dilakukan menurut cara simple indexing, terutama sekali digunakan dalam pembuatan roda gigi dengan jumlah gigi ganjil.

Pada sistim Compound Indexing kepala pembagi akan dilengkapi dengan sebuah pin pembagi yang tetap dan dapat diatur sekeliling plat pembaginya. Perputaran engkol pembagi akan diikuti oleh gerakan plat pembaginya yang dapat kita hitung dengan ketentuan sebagai berikut :

$$\frac{1}{K} = \frac{n (C_1 - C_2)}{40 \cdot C_1 \cdot C_2}$$

dimana, n = jumlah pembagian yang diinginkan/ dibutuhkan.

C_1 = Jumlah lobang yang dipilih pada plat pembagi

C_2 = Jumlah lobang yang dipilih lainnya pada plat pembagi yang sama.

$$\therefore \text{Jumlah pembagian} = \frac{k}{C_1} \pm \frac{k}{C_2}$$

$$\text{dengan : } T_1 = \frac{k}{C_1} \text{ ----- putaran engkol}$$

$$T_2 = \frac{k}{C_2} \text{ ----- putaran engkol}$$

(tanda + maju , tanda - mundur)

Contoh Soal.

Tentukanlah pergerakan engkol pembagi yang menggunakan kepala pembagi Sharp and Brown untuk pembagian benda kerja 96.

Penyelesaian,

$$\text{Ambil : } C_1 = 18$$

$$C_2 = 20$$

$$\frac{1}{k} = \frac{n (C_2 - C_1)}{40 \cdot C_1 \cdot C_2}$$

$$= \frac{96 (20 - 18)}{40 \cdot 20 \cdot 18}$$

$$= \frac{1}{75} \text{ ----- } k = 75$$

$$\therefore T_1 = \frac{k}{C_1}$$

$$= \frac{75}{18} \text{ ----- } = 4 \frac{3}{18}$$

$$T_2 = \frac{k}{C_2}$$

$$= \frac{75}{20} \text{ ----- } = 3 \frac{15}{20}$$

Ini berarti engkol pembagi diputar searah jarum jam $4 \frac{3}{18}$ kali pada likaran lobang 18 dan berlawanan jarum jam (mundur) $3 \frac{15}{20}$ kali pada lingkaran lobang 20. Perbedaan gerakan ini menghasilkan jumlah pembagian 96 yang diinginkan.

Pembagian Diferensial.

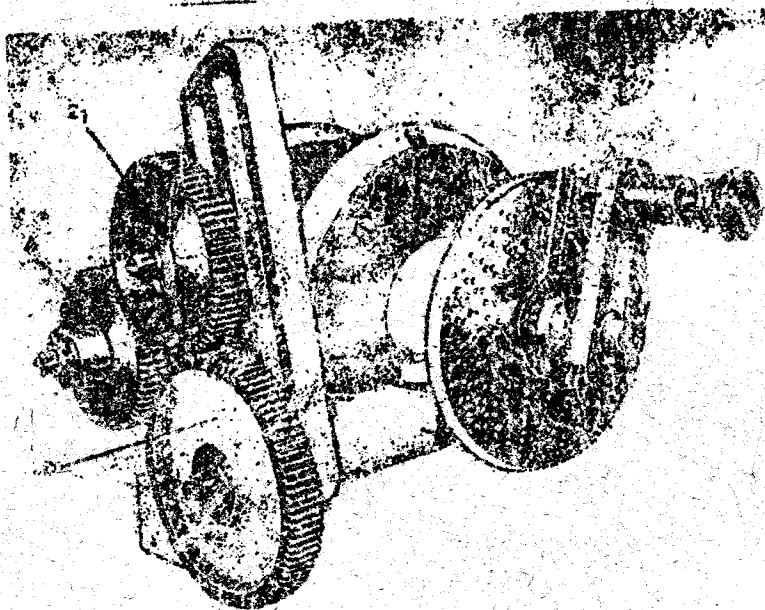
Pada sistim pembagi sederhana (Simple Indexing) pembagian yang dilakukan hanya terbatas menurut tiga model plat pembagi yang tersedia. Oleh karena itu pembagian praktis tidak dapat dilaksanakan, untuk itu dapat dikerjakan menurut sistim pembagi diferensial (Diferensial Indexing).

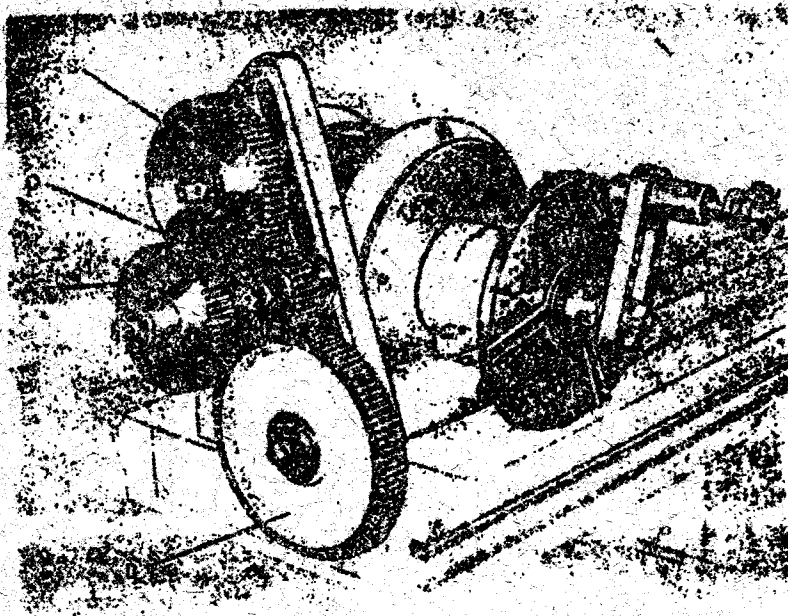
Pembagi Diferensial secara prinsipnya sama dengan metode pembagi majemuk (Compound Indexing) dimana engkol dan plat pembaginya sama-sama berputar, akan tetapi pada pembagian diferensial ini pergerakan engkol dan plat tersebut dalam waktu yang bersamaan.

Pergerakan engkol dan plat pembagi ini dihasilkan melalui transmisi roda gigi, antara spindel kepala pembagi dengan poros gigi cacing dengan ratio 1 : 40.

Jika pada spindel kepala pembagi dan poros cacing dipasang roda gigi-roda gigi perantara maka:

- Plat pembagi berputar searah dengan engkol pembagi bila mempergunakan satu buah roda gigi perantara.
- Plat pembagi berputar berlawanan arah engkol pembagi bila mempergunakan dua buah roda gigi perantara.





Jumlah pergerakan engkol pembagi pada tiap putaran ditentukan sebagai berikut.

Putaran engkol pembagi	+	Pergerakan plat pembagi	x	Ratio putaran engkol thd spindel
------------------------	---	-------------------------	---	----------------------------------

Pada prinsipnya pergerakan plat pembagi yang diinginkan untuk setiap pembagian akan ditentukan oleh pemaksaan/pemilihan roda gigi pengganti; untuk itu dapat dihitung dengan:

$$\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{V \cdot R}{n} (T - t)$$

dimana: A = Jumlah gigi pengganti yang dipasang pada spindel utama kepala pembagi.

B = Jumlah gigi perantara penggerak

C = Jumlah gigi pada roda gigi perantara yang digerakan.

D = Jumlah gigi pada roda gigi poros penggerak.

V.R. = Velocity Ratio kepala pembagi dengan poros gigi cacing, biasanya diambil 40.

t = Jumlah pembagian yang diinginkan.

T = Jumlah pembagian yang dipilih (diambil) sesuai dengan plat pembagi yang dipakai.

Contoh soal.

Mitunghlah pembagian gigi roda gigi yang diperlukan untuk memfrais roda gigi dengan jumlah pembagian yang dibutuhkan 59.

Penyelesaian:

$$t = 59 \text{ pembagi}$$

$$T = 60 \text{ (diambil)}$$

Perbandingan putaran roda gigi pengganti:

$$\begin{aligned} \text{a). } \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} &= \frac{VR}{T} (T - t) \\ &= \frac{40}{60} (60 - 59) \end{aligned}$$

$$= \frac{4}{6} \times 1$$

$$\frac{4}{6} \times 8$$

$$\frac{A}{B} \times \frac{C}{D} = \frac{32}{48}, \text{ berarti ratio pemindahan gigi A dan B.}$$

berarti mempergunakan sistim pemindahan simple train, dan roda gigi B dan C dapat ditiadakan.

b). Putaran engkol pembagi

$$D = \frac{VR}{T} = \frac{40}{60}$$

$$= \frac{4}{6}$$

$$\frac{4}{6} \times 6,5$$

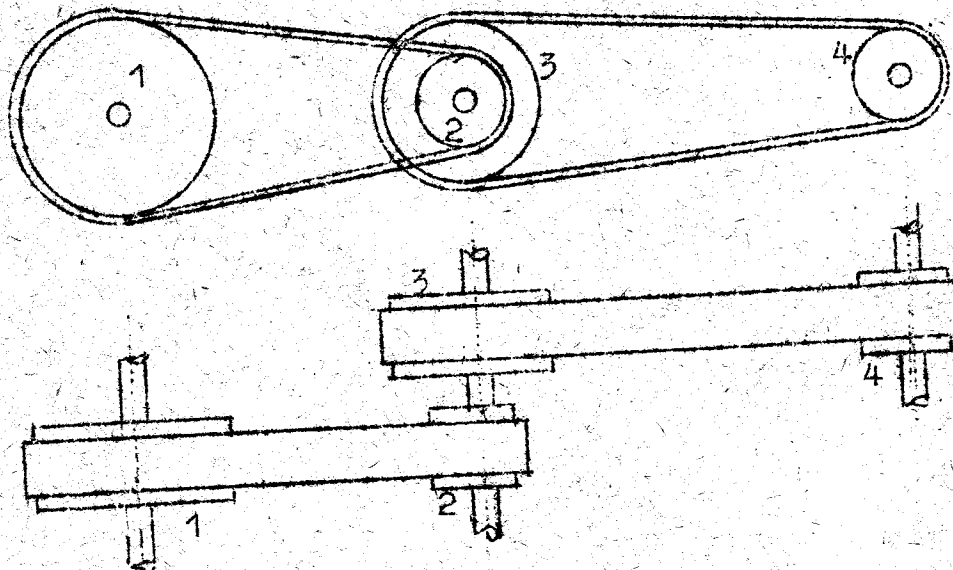
$$= \frac{26}{39}$$

Ini berarti engkol diputar 26 lobang pada plat pembagi yang berlobang 39.

P. RATIO DAN PEMINDAH GERAKAN DENGAN BAN.

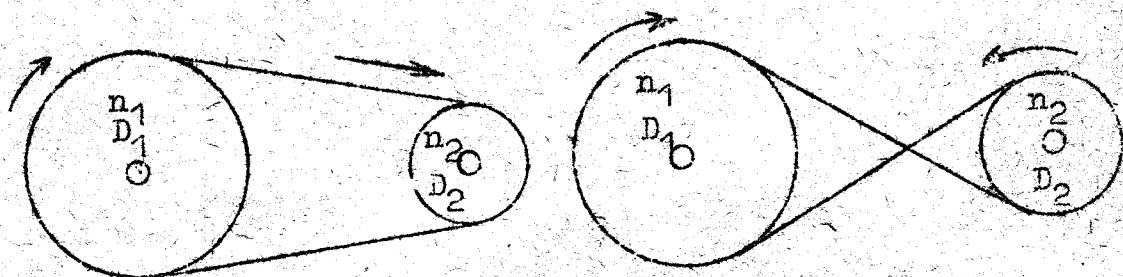
Didalam beberapa mekanisme kadang-kadang diperlukan sistem pemindah gerakan/tenaga dengan perantara ban mesin (belt-ropes) melalui susunan beberapa buah pulley.

Pemindah gerakan menggunakan sistem ini biasanya dikendalikan dan dipergunakan pada poros-poros pemindah yang dipasang dengan jarak antara poros relatif jauh, dimana besar tenaga yang dipindahkan tergantung pada tenaga ikat ban dan pulley serta dipengaruhi oleh ratio gaya tegangan enersia ban yang cenderung melepaskan ban sewaktu kecepatan tinggi.



a. Perbandingan kecepatan putaran.

Perbandingan kecepatan (Velocity Ratio) pada sistem belt drives tergantung pada diameter pulley dan slip antara belt dan pulley. Untuk setiap pemasangan belt tergambar berlaku:



Open belt drives

Cross belt drives

$$\pi D_1 \cdot n_1 = \pi D_2 \cdot n_2$$

$$\frac{D_1}{n_2} = \frac{D_2}{n_1} = \text{V.R. disebut Velocity Ratio}$$

dimana: n_1 = jumlah putaran pulley penggerak dalam rpm
 n_2 = jumlah putaran pulley yang digerakan dalam rpm.

D_1 = diameter pulley penggerak dalam meter.

D_2 = diameter pulley yang digerakan dalam meter.

Jika tebal belt (= t) diperhitungkan maka:

$$\text{V.R.} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1 + t}{D_2 + t}$$

Biasanya juga terjadi slip antara ban dan pulley yang memperngaruhi besar tenaga yang dipindahkan, sehingga:

$$\text{V.R.} = \frac{D_1 + t}{D_2 + t} \left(1 - \frac{S}{100} \right)$$

dimana: $S = S_1 + S_2$, slip antara belt dan pulley.

S_1 % = Slip antara belt dan pulley penggerak

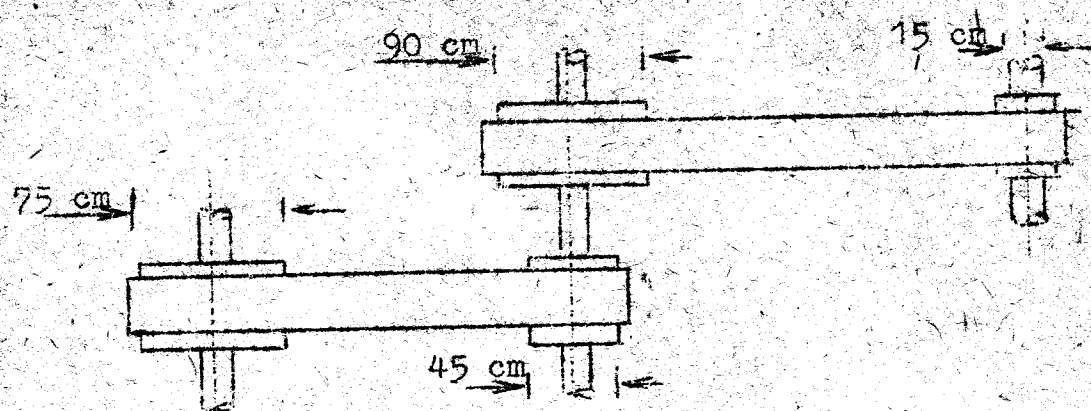
S_2 % = Slip antara belt dan pulley yang digerakan.

SContoh soal.

Sebuah mesin berputar pada 150 rpm, menggerakkan sebuah poros perantara belt dan pulley. Pulley pada mesin berdiameter 75 cm dan pulley pada poros dengan diameter 45 cm. Pada poros tersebut juga dipasang sebuah pulley lainnya dengan diameter 90 cm, yang berfungsi untuk memindahkan putaran ke sebuah poros dimano dengan diameter pulley 15 cm seperti tergambar. Hitunglah kecepatan poros dinamo, jika:

a. Tanpa slip

b. Slip 2% untuk setiap pulley.



Penyelesaian:

$$n_1 = 150 \text{ rpm}, D_1 = 75 \text{ cm}$$

$$n_2 = n_3 \text{ karena seporos}, D_2 = 45 \text{ cm}$$

$$D_3 = 90 \text{ cm}, D_4 = 15 \text{ cm}$$

$$n_4 = \dots\dots\dots?$$

$$a. \frac{n_4}{n_1} = \frac{D_1 \times D_3}{D_2 \times D_4}$$

$$n_4 = \frac{n_1 \times D_1 \times D_3}{D_2 \times D_4} = \frac{150 \times 75 \times 90}{45 \times 15}$$

$$n_4 = 1500 \text{ rpm}$$

$$b. \frac{n_4}{n_1} = \frac{D_1 \times D_3}{D_2 \times D_4} \left(1 - \frac{S_1}{100} \right) \left(1 - \frac{S_2}{100} \right)$$

$$n_4 = \frac{150 \times 75 \times 90}{45 \times 15} \times \frac{98}{100} \times \frac{98}{100}$$

$$n_4 = 1400 \text{ rpm}$$

b. Panjang ban (belt).

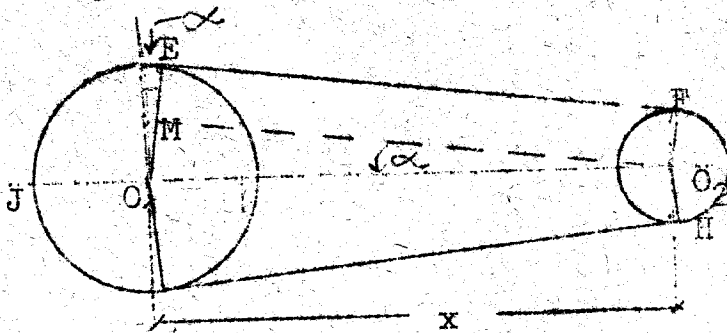
Untuk sistim terbuka (open belt drives) dengan arah putaran pulley yang sama, panjang ban dapat dihitung sbb:
Perhatikan gambar berikut ini:

Misalkan: O_1 dan O_2 = poros pulley.

r_1 dan r_2 = jari-jari pulley besar dan kecil

x = jarak antara poros O_1 dan O_2

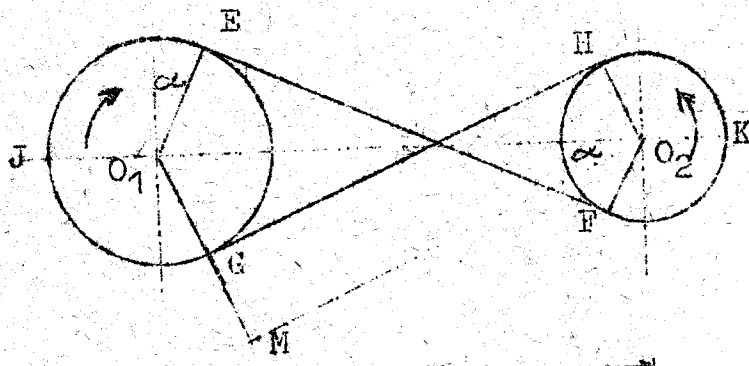
l = panjang total belt.



Panjang belt (ban) adalah:

$$l = \left(\pi(r_1 + r_2) + 2x + \frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right) \text{ meter.}$$

Untuk sistim ban menyilang (Cross belt drives) dengan arah putaran pulley yang berlawanan panjang belt dihitung sbb:



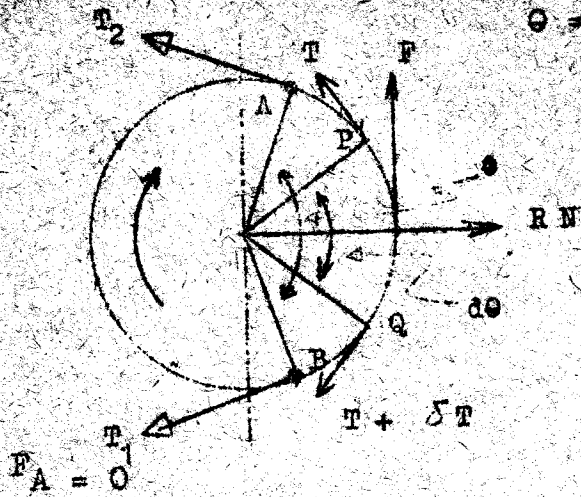
$$l = \left(\pi(r_1 + r_2) + 2x + \frac{(r_1 + r_2)^2}{x} \right) \text{ meter.}$$

o/ Perbandingan Gaya tegang ban.

Perbandingan gaya tegangan dalam ban dipengaruhi oleh bentuk belt (flat belt, V belt dsb-nya)

Perhatikan gambar berikut: Apabila: T_1 = gaya tegangan dalam ban ketat dalam N
 T_2 = gaya tegangan dalam

θ = sudut kontak, dalam radian.



$$R_N = (T + dT) \sin \frac{d\theta}{2} + T \sin \frac{d\theta}{2} \dots\dots\dots (1)$$

Oleh karena $d\theta$, sangat kecilnya maka $\sin \frac{d\theta}{2} = \frac{d\theta}{2}$, maka persamaan (1) dapat ditulis:

$$R_N = (T + dT) \left(\frac{d\theta}{2}\right) + T \left(\frac{d\theta}{2}\right)$$

$$= \frac{T \cdot d\theta}{2} + \frac{d\theta \cdot dT}{2} + \frac{T \cdot d\theta}{2}, \text{ karena } \frac{d\theta \cdot dT}{2} \text{ sangat kecil}$$

kecil sehingga dapat diabaikan, maka:

$$\boxed{R_N = T \cdot d\theta} \dots\dots\dots (A)$$

$$F_V = 0$$

$$\mu \cdot R_N = (T + dT) \cos \frac{d\theta}{2} - T \cdot \cos \frac{d\theta}{2}$$

karena $\frac{d\theta}{2}$, sangat kecil sekali sehingga $= 0$, maka: $\cos \frac{d\theta}{2} = 1$, jadi:

$$\mu \cdot R_N = T + dT - T$$

$$= dT$$

$$\boxed{R_N = \frac{dT}{\mu}} \dots\dots\dots (B)$$

Dari persamaan (A) dan (B)

$$T \cdot d\theta = \frac{dT}{\mu}$$

$$\frac{dT}{T} = \mu d\theta$$

$$\int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{T} = \mu \int_{T_2}^{T_1} d\theta$$

$$\ln \left(\frac{T_1}{T_2} \right) = \mu \theta$$

Jadi

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu \theta}$$

dimana: μ = koefisien gesekan

e = bilangan alam = 2,718

T_1 = gaya tegangan belt maksimum, dapat ditentukan berdasarkan:

$$T_1 = b \cdot t \cdot \sigma$$

b = lebar belt dalam meter.

σ = tegangan belt maksimum dalam ban dalam N/m^2

t = tebal belt dalam meter.

$$\sin \alpha = \frac{r_1 - r_2}{x}, \text{ untuk open belt drivers}$$

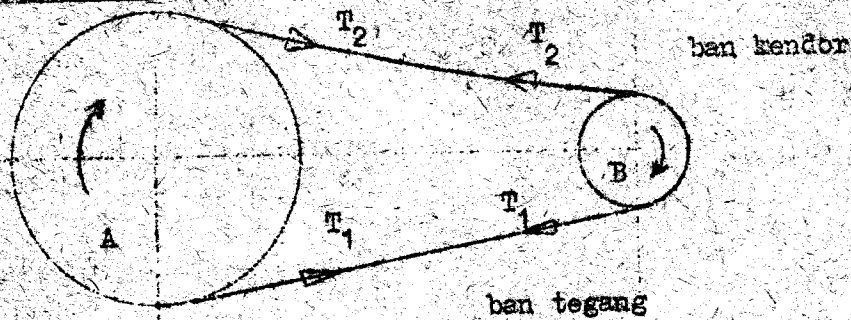
$$\sin \alpha = \frac{r_1 + r_2}{x}, \text{ untuk cross belt drivers.}$$

Sudut kontak/gesekan/loop

$$\theta = (180 - 2\alpha) \frac{\pi}{180}, \text{ untuk open belt drivers.}$$

$$\theta = (180 + 2\alpha) \frac{\pi}{180}, \text{ untuk cross belt drivers.}$$

a. Tenaga yang dipindahkan.



Gaya efektif untuk memutar/menggerakkan pulley yang bekerja pada keliling roda pulley adalah:

$$F = (T_1 - T_2)$$

Usaha tiap detik = gaya x jarak,

$$N = \frac{(T_1 - T_2) \times \pi D \cdot n}{60} \text{ watt}$$

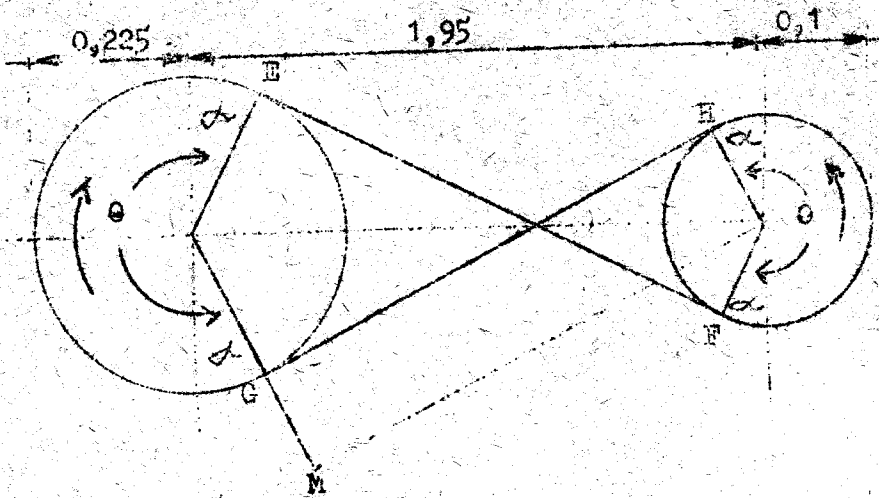
$$= (T_1 - T_2) \cdot V \text{ watt}$$

atau

$$N = T_1 \left(1 - \frac{1}{e} \right) \cdot V \text{ watt}$$

Contoh soal:

Two pulley masing-masing berdiameter 450 mm dan 200 mm yang dipasang pada poros paralel dengan jarak antar poros 1,95 meter. Pulley dihubungkan dengan sebuah ban bersilang (cross belt drives). Hitunglah panjang ban dan sudut kontak. Tentukan juga berapa usaha yang dipindahkan oleh belt bila pulley yang berputar pada 200 rpm dan gaya tegangan maksimum diizinkan 1 kN, koefisien gesekan 0,25.



Penyelesaian:

$$D_1 = 450 \text{ mm}, r_1 = 225 \text{ mm} = 0,225 \text{ m}$$

$$D_2 = 200 \text{ mm}, r_2 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$x = 1,95 \text{ m}, n = 200 \text{ rpm}$$

$$v = \frac{\pi D \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 0,45 \cdot 200}{60} = 4,714 \text{ m/det.}$$

$$T_1 = 1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}; \mu = 0,25$$

$$l = \pi(r_1 + r_2) + 2x + \frac{(r_1 + r_2)^2}{x}$$

$$= \pi(0,225 + 0,1) + 2(1,95) + \frac{(0,225 + 0,1)^2}{1,95}$$

$$= 4,975 \text{ m}$$

$$\sin \alpha = \frac{r_1 + r_2}{x} = \frac{(0,225 + 0,1)}{1,95} = \frac{0,325}{1,95} = 0,1667$$

$$= 9^{\circ}36'$$

$$\theta = (180 + 2\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} = (180^{\circ} + 2 \cdot 9^{\circ}12') \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$= 199^{\circ}12' \cdot \frac{\pi}{180} = 3,474 \text{ rad.}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu \theta} = 2,385$$

$$\frac{T_1}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{2,385} = \frac{1000 \text{ N}}{2,385} = 419,3 \text{ N}$$

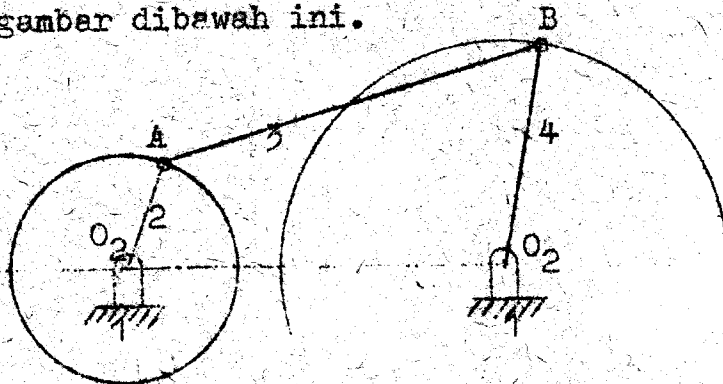
Tegangan yang dipindahkan,

$$\begin{aligned} W &= (T_1 - T_2) \times V \\ &= (1000 - 419,3) \times 4,714 \\ &= 2740 \text{ Watt} = 2,74 \text{ kw.} \end{aligned}$$

G. Pemindahan gerakan dengan Link.

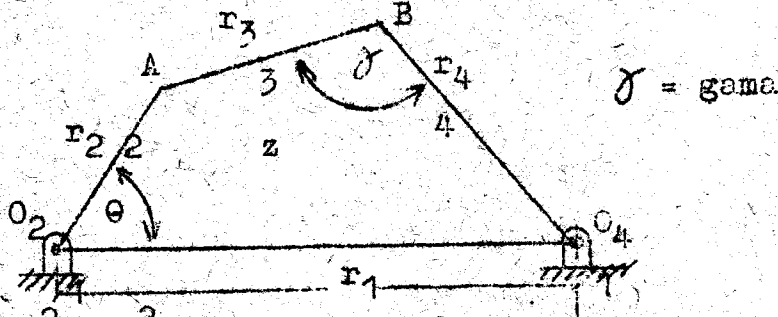
Pada uraian sebelumnya disebutkan bahwa pemindah gerakan dengan Link merupakan metoda penyambung hubungan dan gerakan melalui susunan beberapa batang,

Batang penyambung hubungan yang banyak digunakan dijumpai didalam mekanisme mesin adalah sistim Link 4 batang seperti pada gambar dibawah ini.



Jika dimisalkan Link 2 berputar sempurna dan Link 4 sebagai yang digerakan atau out-put, maka dalam hal ini akan terjadi titik-titik mati yang perlu diperhatikan guna menyelidiki sudut transmisi diantara Link 4 dan batang penggerak AB.

Umpamanya Link 1 berputar sebesar θ , maka:



$$z^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2 r_1 r_2 \cos \theta$$

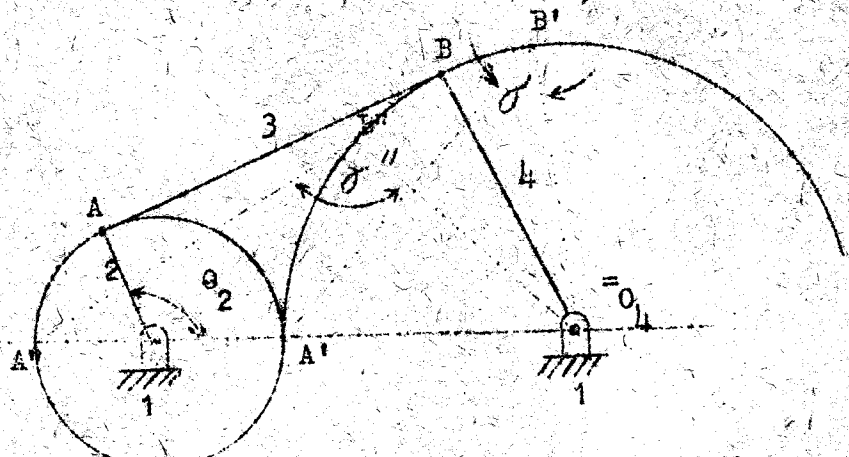
$$z^2 = r_3^2 + r_4^2 - 2 r_3 r_4 \cos \gamma$$

$$\text{maka: } r_1^2 + r_2^2 - 2 r_1 r_2 \cos \theta = r_3^2 + r_4^2 - 2 r_3 r_4 \cos \gamma$$

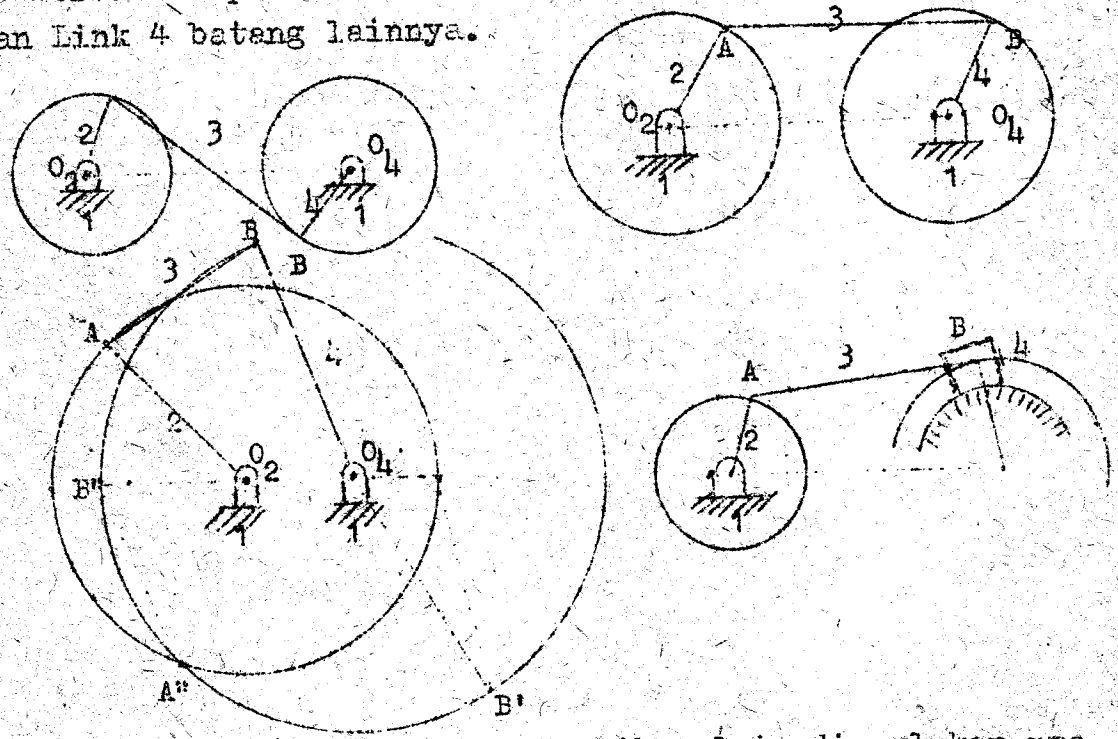
$$\cos \gamma = \frac{r_1^2 + r_2^2 - r_3^2 + r_4^2 - 2 r_1 r_2 \cos \theta}{- r_3 r_4}$$

Pada umumnya sudut transmisi maksimum tidak lebih 140° dan memang tidak kurang dari 40° apabila link tersebut digunakan untuk transmisi gaya yang tinggi.

Adapun posisi Link dengan sudut transmisi maksimum () dan minimum () dapat dilukiskan seperti pada gambar berikut.



Berikut diperlihatkan beberapa tipe dan kondisi pergerakan Link 4 batang lainnya.

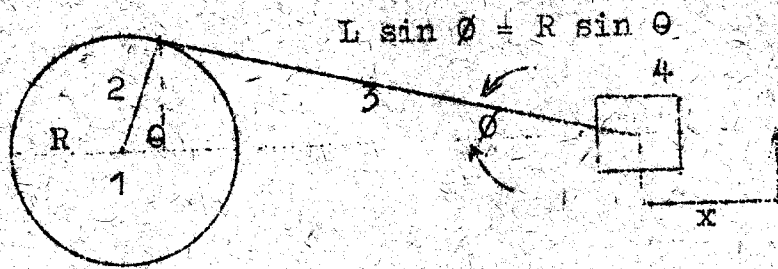


Didalam metode dan analisa kinematik selain diperlukan proses perencanaan panjang batang pemindah gerakan, juga paling utama diperhatikan justru tipe gerakan mekanisme yang direncanakan serta menganalisa kecepatan dan percepatannya.

Berikut ini diperkenalkan analisa kecepatan dan percepatan beberapa jenis mekanisme dengan analisa matematik (hitung diferensial).

a. Mekanisme Piston-Batang penggerak.

Tipe mekanisme tersebut dapat dilihat dalam gambar dan banyak dijumpai pada mesin-mesin pembakar didalam (ICE), dan mesin-mesin Uap.



$$L \sin \phi = R \sin \theta$$

Perpindahan Link 4 atau Piston, terlebih dahulu diturunkan persamaan:

$$\begin{aligned} x &= R + L - R \cos \theta - L \cos \phi \\ &= R (1 - \cos \theta) + L (1 - \cos \phi) \\ &\approx R (1 - \cos \theta) + L \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \theta} \right) \end{aligned}$$

Melalui pendekatan (approx)

$$\sqrt{1 - \left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \theta} = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \theta$$

maka:

$$\begin{aligned} x &= R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} L \left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \theta \\ &= R (1 - \cos \theta) + \frac{R^2}{2L} \sin^2 \theta \end{aligned}$$

Jika $\theta = \omega \cdot t$, dimana: ω = kecepatan sudut
 t = waktu

$$\begin{aligned} v &= \frac{dx}{dt} \\ &= \frac{d}{dt} R (1 - \cos(\omega t)) + \frac{R^2}{2L} (\sin(\omega t))^2 \\ &= \omega R \left(\sin \theta + \frac{R}{2L} \sin 2\theta \right) \end{aligned}$$

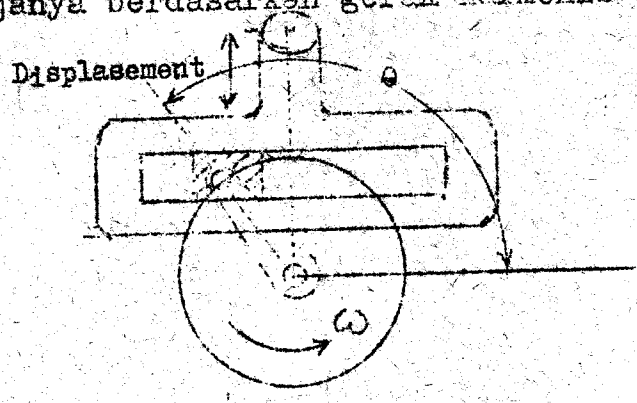
(disebut dengan kecepatan Piston)

$$\begin{aligned} a &= \frac{dv}{dt} \\ &= \omega^2 R \left(\cos \theta + \frac{R}{L} \cos 2\theta \right) \end{aligned}$$

(disebut dengan percepatan Piston)

b. Mekanisme Scotch Yoke.

Mekanisme serupa ini banyak dijumpai pada mesin-mesin percobaan getaran, pompa-pompa uap dan lain sebagainya. Prinsip kerjanya berdasarkan gerak harmonis sederhana (SHM).



Periode atau waktu getar mekanisme Scotch Yoke adalah:

$$T = \frac{\theta}{\omega} = \frac{2\pi}{\omega} \text{ detik/cycle}$$

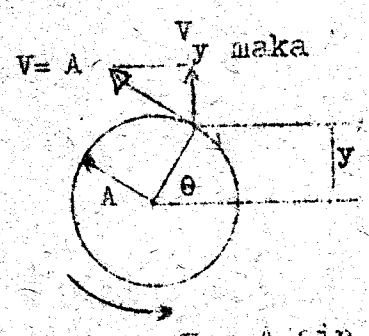
sedangkan frekuensi getarnya :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \text{ cycles/detik}$$

Gerak ulang alik vertikal Yoke diatur melalui sebuah pasak (Pin). Jika perpindahan radial (sudut)

$$\theta = \omega, t$$

$$y = A \sin \theta$$



A = Jarak dalam arah radial ke pusat putaran.

$$y = A \sin (\omega t)$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} \quad (\text{arah vertikal})$$

$$V_y = A \cdot \omega \cos \theta$$

$$= A \omega \cos (\omega t) \dots (\text{disebut kecepatan}).$$

Sedangkan:

$$a_y = \frac{dV_y}{dt} = - A \omega^2 \sin \theta$$

$$= - A \omega^2 \sin (\omega t) \quad (\text{disebut percepatan}).$$

Contoh: Sebuah Slider Crank Mechanism, engkol AB = 50 mm. Batang penggerak AB = 150 cm. Engkol membuat sudut 30° dan berputar 1200 rpm. Hitunglah kecepatan Piston.

Jawab:

$$W = \frac{2\pi n}{60} = 125,6 \text{ rad/det.}$$

$$V = W.R \left(\sin \theta + \frac{R}{2L} \sin 2\theta \right)$$

$$= 125,6 \times 0,05 \left(\sin 30^\circ + \frac{0,05}{2 \times 0,12} \sin 60^\circ \right)$$

$$= 125,6 \times 0,05 \left(\frac{1}{2} + 0,1666 \times 0,866 \right)$$

$$= 125,6 \times 0,05 \left(0,5 + 0,144 \right)$$

$$= 125,6 \times 0,05 \times 0,644$$

$$= 6,28 \times 0,644$$

$$V = 4,044 \text{ m/det.}$$

$$a = W.R^2 \left(\cos \theta + \frac{R}{L} \cos 2\theta \right)$$

$$= 125,6 \times (0,05)^2 \left(\cos 30^\circ + \frac{0,05}{2} \cos 60^\circ \right)$$

$$= 125,6 \times 0,0025 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + 0,025 \times \frac{1}{2} \right)$$

$$= 0,314 \left(0,866 + 0,0125 \right)$$

$$= 0,314 \times 0,8791$$

$$a = 0,276 \text{ m/det}^2$$

Contoh :

Sebuah piston pompa uap bergerak secara harmonis sederhana dengan 3 getaran tiap menit. Tentukanlah amplitudo getarannya jika piston bergerak dengan kecepatan maksimum 2 m/detik.

Jawab.

$$\text{Frekwensi getaran, } f = 3/\text{menit}$$

$$= 3/60 \text{ per detik}$$

sedangkan, $f = \frac{1}{T}$

$$3/60 = \frac{1}{T}$$

$$\therefore T = \frac{60}{3} = 20 \text{ detik}$$

(waktu getar)

$$\omega^2 = 4\pi^2 f^2$$

$$= 4\pi^2 \left(\frac{3}{60} \right)^2$$

$$= 4\pi^2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}$$

$$= 10^{-2} \cdot \pi^2 \rightarrow \frac{\pi^2}{100}$$

$$\therefore \omega = \pi/10 \text{ rad/det.}$$

Kecepatan piston :

$$v = A \cdot \omega \cos(\omega t) \rightarrow t = 20 \text{ det}$$

$$2 = A \cdot \pi/10 \cos(\pi/10 \cdot 20)$$

$$2 = A \cdot \pi/10 \cos(2\pi)$$

$$\text{maka, } A = \frac{2}{3,14/10 \cdot 1}$$

$$= \frac{20}{3,14}$$

$$= 6,369 \text{ m}$$

(amplitudo getaran)

Sambungan tabel ordinat dan luas kurva normal

Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1.30	4397	1254	2.30	4773	0510	2.30	4914	0170	
1.31	4398	1255	2.01	4778	0530	2.31	4919	0171	
1.32	4399	1256	2.02	4783	0550	2.32	4924	0172	
1.33	4400	1257	2.03	4788	0570	2.33	4929	0173	
1.34	4401	1258	2.04	4793	0590	2.34	4934	0174	
1.35	4402	1259	2.05	4798	0610	2.35	4939	0175	
1.36	4403	1260	2.06	4803	0630	2.36	4944	0176	
1.37	4404	1261	2.07	4808	0650	2.37	4949	0177	
1.38	4405	1262	2.08	4813	0670	2.38	4954	0178	
1.39	4406	1263	2.09	4818	0690	2.39	4959	0179	
1.40	4407	1264	2.10	4823	0710	2.40	4964	0180	
1.41	4408	1265	2.11	4828	0730	2.41	4969	0181	
1.42	4409	1266	2.12	4833	0750	2.42	4974	0182	
1.43	4410	1267	2.13	4838	0770	2.43	4979	0183	
1.44	4411	1268	2.14	4843	0790	2.44	4984	0184	
1.45	4412	1269	2.15	4848	0810	2.45	4989	0185	
1.46	4413	1270	2.16	4853	0830	2.46	4994	0186	
1.47	4414	1271	2.17	4858	0850	2.47	4999	0187	
1.48	4415	1272	2.18	4863	0870	2.48	5004	0188	
1.49	4416	1273	2.19	4868	0890	2.49	5009	0189	
1.50	4417	1274	2.20	4873	0910	2.50	5014	0190	
1.51	4418	1275	2.21	4878	0930	2.51	5019	0191	
1.52	4419	1276	2.22	4883	0950	2.52	5024	0192	
1.53	4420	1277	2.23	4888	0970	2.53	5029	0193	
1.54	4421	1278	2.24	4893	0990	2.54	5034	0194	
1.55	4422	1279	2.25	4898	1010	2.55	5039	0195	
1.56	4423	1280	2.26	4903	1030	2.56	5044	0196	
1.57	4424	1281	2.27	4908	1050	2.57	5049	0197	
1.58	4425	1282	2.28	4913	1070	2.58	5054	0198	
1.59	4426	1283	2.29	4918	1090	2.59	5059	0199	
1.60	4427	1284	2.30	4923	1110	2.60	5064	0200	
1.61	4428	1285	2.31	4928	1130	2.61	5069	0201	
1.62	4429	1286	2.32	4933	1150	2.62	5074	0202	
1.63	4430	1287	2.33	4938	1170	2.63	5079	0203	
1.64	4431	1288	2.34	4943	1190	2.64	5084	0204	
1.65	4432	1289	2.35	4948	1210	2.65	5089	0205	
1.66	4433	1290	2.36	4953	1230	2.66	5094	0206	
1.67	4434	1291	2.37	4958	1250	2.67	5099	0207	
1.68	4435	1292	2.38	4963	1270	2.68	5104	0208	
1.69	4436	1293	2.39	4968	1290	2.69	5109	0209	
1.70	4437	1294	2.40	4973	1310	2.70	5114	0210	
1.71	4438	1295	2.41	4978	1330	2.71	5119	0211	
1.72	4439	1296	2.42	4983	1350	2.72	5124	0212	
1.73	4440	1297	2.43	4988	1370	2.73	5129	0213	
1.74	4441	1298	2.44	4993	1390	2.74	5134	0214	
1.75	4442	1299	2.45	4998	1410	2.75	5139	0215	
1.76	4443	1300	2.46	5003	1430	2.76	5144	0216	
1.77	4444	1301	2.47	5008	1450	2.77	5149	0217	
1.78	4445	1302	2.48	5013	1470	2.78	5154	0218	
1.79	4446	1303	2.49	5018	1490	2.79	5159	0219	
1.80	4447	1304	2.50	5023	1510	2.80	5164	0220	
1.81	4448	1305	2.51	5028	1530	2.81	5169	0221	
1.82	4449	1306	2.52	5033	1550	2.82	5174	0222	
1.83	4450	1307	2.53	5038	1570	2.83	5179	0223	
1.84	4451	1308	2.54	5043	1590	2.84	5184	0224	
1.85	4452	1309	2.55	5048	1610	2.85	5189	0225	
1.86	4453	1310	2.56	5053	1630	2.86	5194	0226	
1.87	4454	1311	2.57	5058	1650	2.87	5199	0227	
1.88	4455	1312	2.58	5063	1670	2.88	5204	0228	
1.89	4456	1313	2.59	5068	1690	2.89	5209	0229	
1.90	4457	1314	2.60	5073	1710	2.90	5214	0230	
1.91	4458	1315	2.61	5078	1730	2.91	5219	0231	
1.92	4459	1316	2.62	5083	1750	2.92	5224	0232	
1.93	4460	1317	2.63	5088	1770	2.93	5229	0233	
1.94	4461	1318	2.64	5093	1790	2.94	5234	0234	
1.95	4462	1319	2.65	5098	1810	2.95	5239	0235	
1.96	4463	1320	2.66	5103	1830	2.96	5244	0236	
1.97	4464	1321	2.67	5108	1850	2.97	5249	0237	
1.98	4465	1322	2.68	5113	1870	2.98	5254	0238	
1.99	4466	1323	2.69	5118	1890	2.99	5259	0239	
2.00	4467	1324	2.70	5123	1910	3.00	5264	0240	

Sambungan tabel ordinat dan luas kurva normal

Z	A	y	Z	A	y	Z	A	y
1.50	.4335	.1293	2.00	.4772	.0540	2.50	.4918	.0175
1.51	.4345	.1276	2.01	.4778	.0529	2.51	.4946	.0171
1.52	.4357	.1257	2.02	.4783	.0519	2.52	.4941	.0167
1.53	.4370	.1236	2.03	.4788	.0508	2.53	.4943	.0163
1.54	.4382	.1219	2.04	.4793	.0498	2.54	.4943	.0158
1.55	.4394	.1200	2.05	.4798	.0488	2.55	.4946	.0154
1.56	.4406	.1182	2.06	.4803	.0478	2.56	.4948	.0151
1.57	.4418	.1163	2.07	.4808	.0468	2.57	.4949	.0147
1.58	.4429	.1145	2.08	.4812	.0459	2.58	.4951	.0143
1.59	.4441	.1127	2.09	.4817	.0449	2.59	.4952	.0139
1.60	.4453	.1109	2.10	.4821	.0440	2.60	.4953	.0136
1.61	.4463	.1092	2.11	.4826	.0431	2.61	.4955	.0132
1.62	.4474	.1074	2.12	.4830	.0422	2.62	.4956	.0129
1.63	.4484	.1057	2.13	.4834	.0413	2.63	.4957	.0126
1.64	.4495	.1040	2.14	.4838	.0404	2.64	.4959	.0122
1.65	.4505	.1023	2.15	.4842	.0395	2.65	.4960	.0119
1.66	.4515	.1006	2.16	.4846	.0387	2.66	.4961	.0116
1.67	.4525	.0989	2.17	.4850	.0379	2.67	.4962	.0113
1.68	.4537	.0973	2.18	.4854	.0371	2.68	.4963	.0110
1.69	.4548	.0957	2.19	.4857	.0363	2.69	.4964	.0107
1.70	.4558	.0940	2.20	.4861	.0355	2.70	.4965	.0104
1.71	.4568	.0925	2.21	.4864	.0347	2.71	.4966	.0101
1.72	.4573	.0909	2.22	.4868	.0339	2.72	.4967	.0099
1.73	.4582	.0893	2.23	.4871	.0332	2.73	.4968	.0096
1.74	.4591	.0878	2.24	.4875	.0325	2.74	.4969	.0093
1.75	.4599	.0863	2.25	.4878	.0317	2.75	.4970	.0091
1.76	.4608	.0848	2.26	.4881	.0310	2.76	.4971	.0088
1.77	.4616	.0833	2.27	.4884	.0303	2.77	.4972	.0086
1.78	.4625	.0818	2.28	.4887	.0297	2.78	.4973	.0084
1.79	.4633	.0803	2.29	.4890	.0290	2.79	.4974	.0081
1.80	.4641	.0790	2.30	.4893	.0283	2.80	.4974	.0079
1.81	.4649	.0775	2.31	.4896	.0277	2.81	.4975	.0077
1.82	.4656	.0761	2.32	.4898	.0270	2.82	.4976	.0075
1.83	.4664	.0748	2.33	.4901	.0264	2.83	.4977	.0073
1.84	.4671	.0734	2.34	.4904	.0258	2.34	.4977	.0071
1.85	.4678	.0721	2.35	.4906	.0252	2.35	.4978	.0069
1.86	.4686	.0707	2.36	.4909	.0246	2.86	.4979	.0067
1.87	.4693	.0694	2.37	.4911	.0241	2.87	.4979	.0065
1.88	.4699	.0681	2.38	.4913	.0235	2.88	.4980	.0063
1.89	.4706	.0669	2.39	.4916	.0229	2.89	.4981	.0061
1.90	.4713	.0656	2.40	.4918	.0224	2.90	.4981	.0060
1.91	.4719	.0644	2.41	.4920	.0219	2.91	.4982	.0058
1.92	.4726	.0632	2.42	.4922	.0213	2.92	.4982	.0056
1.93	.4732	.0620	2.43	.4925	.0208	2.93	.4983	.0055
1.94	.4738	.0608	2.44	.4927	.0203	2.94	.4984	.0053
1.95	.4744	.0596	2.45	.4929	.0198	2.95	.4984	.0051
1.96	.4750	.0584	2.46	.4931	.0194	2.96	.4985	.0050
1.97	.4756	.0573	2.47	.4932	.0189	2.97	.4985	.0048
1.98	.4761	.0562	2.48	.4934	.0184	2.98	.4986	.0047
1.99	.4767	.0551	2.49	.4936	.0180	2.99	.4986	.0046
2.00	.4772	.0540	2.50	.4938	.0175	3.00	.4987	.0044