

**ANALISIS KORELASI GETARAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN BAJA KARBON PADAMESIN FRAIS VERTIKAL  
DENGAN VARIASI SUDUT TATAL PAHAT**

***CORRELATE VIBRATION ANALYSIS ON THE SURFACE  
ROUGHNESS OF CARBON STEEL IN THE CUTTING PROCESS WITH  
ANGEL OF CUT VARIATION OF THE FACE MILLING***

**ANTHONIUS LS HAANS  
P2202203002**



**TEKNIK MESIN KONSTRUKSI  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2006**

**ANALISIS KORELASI GETARAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN BAJA KARBON PADA MESIN FRAIS  
VERTIKAL DENGAN VARIASI SUDUT TATAL PAHAT**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi**

**Teknik Mesin**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANTHONIUS LS HAANS**

**Kepada**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2006**

**ANALISIS KORELASI GETARAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN BAJA KARBON PADA MESIN FRAIS VERTIKAL  
DENGAN VARIASI SUDUT TATAL PAHAT**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANTHONIUS LS HAANS**

**Nomor Pokok P220 220 3002**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

**Pada 28 Pebruari 2006-03-06**

**dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Menyetujui :  
Komisi Penasihat,

Prof.Dr.Ir.H.Hammada Abbas, MSME.  
Ketua

Ir. H. Abdullah Mappaita, MSME .  
Anggota

Ketua Program Studi Teknik Mesin  
Program Pascasarjana UNHAS

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin.

Dr. Ing. Ir. Wahyu H Piarah, MSME .

Prof.Dr.Ir.M. Natsir Nessa, M.S.

**ANALISIS KORELASI GETARAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN BAJA KARBON PADA MESIN FRAIS  
VERTIKAL DENGAN VARIASI SUDUT TATAL PAHAT**

Disusun dan diajukan oleh :

Anthonius LS Haans  
P2202203002

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN / KONSTRUKSI MESIN

Menyetujui :  
Komisi Pembimbing

Prof.Dr.Ir.H.Hammada Abbas, MSME.    Ir. H. Abdullah Mappaita, MSME.  
Ketua    Anggota

Ketua Program Studi Teknik Mesin  
Program Pascasarjana UNHAS

Dr. Ing. Ir. Wahyu H Piarah, MSME.

**ANALISIS KORELASI GETARAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN BAJA KARBON PADA MESIN FRAIS VERTIKAL  
DENGAN VARIASI SUDUT TATAL PAHAT**

***CORRELATE VIBRATION ANALYSIS ON THE SURFACE  
ROUGHNESS OF CARBON STEEL IN THE CUTTING PROCESS  
WITH ANGLE OF CUT VARIATION OF THE FACE MILLING***

**ANTHONIUS LS HAANS**

**Logo warna**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2006**

**ANALISIS KORELASI GETARAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN BAJA KARBON PADA MESIN FRAIS VERTIKAL  
DENGAN VARIASI SUDUT TATAL PAHAT**

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi**

**Teknik Mesin**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANTHONIUS LS HAANS**

**Kepada**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2006**

**ANALISIS KORELASI GETARAN TERHADAP KEKASARAN  
PERMUKAAN BAJA KARBON PADA MESIN FRAIS VERTIKAL DENGAN  
VARIASI SUDUT TATAL PAHAT**

**Disusun dan diajukan oleh  
ANTHONIUS LS HAANS  
Nomor Pokok P220 220 3002**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

**Pada 28 Pebruari 2006-03-06**

**dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Menyetujui :  
Komisi Penasihat,

Prof.Dr.Ir.H.Hammada Abbas, MSME.  
Ketua

Ir. H. Abdullah Mappaita, MSME.  
Anggota

Ketua Program Studi Teknik Mesin  
Program Pascasarjana UNHAS

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin.

Dr. Ing. Ir. Wahyu H Piarah, MSME.

Prof.Dr.Ir.M. Natsir Nessa, M.S.

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Anthonius LS Haans

Nomor Mahasiswa : P220 220 3002

Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sangsi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 8 Maret 2006

Yang menyatakan,

Anthonius LS Haans



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan YME, oleh karena berkat-Nyalah sehingga tesis ini dapat diselesaikan, yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program magister pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Dalam menyusun dan menyelesaikan tesis ini kami menemukan beberapa kendala, namun dengan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga tesis ini kami dapat selesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan yang baik ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Hammada Abbas, MSME selaku ketua komisi penasehat dan bapak Ir. H. Abdullah Mappaita, MSME sebagai anggota komisi penasehat, atas bimbingannya mulai dari pemilihan judul sampai selesainya tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Gunawan Nawawi, Mmet, Ir. Muh. Yamin, MT, Dr. Rafiuddin Syam, ST, M.Eng selaku nara sumber atas saran dan arahnya demi kesempurnaan tesis ini.
3. Bapak Dr. Ing. Ir. Wahyu H Piarah, MSME sebagai ketua Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana Unhas yang telah banyak membantu dalam penyusunan tesis ini.

4. Seluruh rekan-rekan mahasiswa dan rekan-rakan Politeknik Negeri Ujung Pandang, yang telah membantu dalam proses pelaksanaan penelitian.
5. Seluruh rekan-rekan yang tidak sempat kami tulis namanya satu persatu atas segala bantuan dan sarannya, penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih.

Penulis telah berusaha untuk menyelesaikan tesis ini dengan sempurna tapi menyadari sepenuhnya masih terdapat kekurangan. Oleh karena saran dan kritik demi kesempurnaan penulisan ini, dengan senang hati kami terima. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, Februari 2006

Penulis

Anthonius LS Haans

## ABSTRAK

ANTHONIUS LS HAANS. *Analisis Korelasi Getaran terhadap Kekasaran Permukaan Baja Karbon pada Mesin Frais Vertikal dengan Varisi Sudut Tatal Pahat* (dibimbing oleh Hammada Abbas dan Abdullah Mappaita).

Proses permesinan pada mesin frais yang terjadi benda kerja tertekan ke meja dan meja terdorong oleh pahat yang suatu saat gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir/roda gigi penggerak meja mesin sehingga menimbulkan getaran yang dapat menurunkan kualitas permukaan benda. Tujuan penelitian ini untuk menentukan pengaruh material, putaran, gerak pemakanan, sudut tatal pahat terhadap getaran dan kekasaran. Baja karbon sebagai benda uji dibentuk sesuai dengan standar SI. Hasil uji material diperoleh tegangan ultimate, selanjutnya benda kerja dibentuk persegi panjang dengan ukuran (40 x 40 x 100) mm sebanyak 6 buah. Benda tersebut diuji pada mesin frais Vertikal dengan memvariasikan material, putaran, gerak pemakanan dan sudut tatal pahat, dengan alat vibrocord dan sutronic 3<sup>+</sup> diperoleh getaran dan kekasaran. Hasil tersebut dianalisa secara grafik dan statistik. Hasil analisa dan pembahasan disimpulkan sebagai berikut : Pengaruh material, putaran, gerak pemakanan, dan sudut tatal pahat sangat signifikan terhadap getaran mesin dan kekasaran permukaan. Korelasi material terhadap getaran 5,4 % dan kekasaran 82 %, putaran terhadap getaran 29 % dan kekasaran 21,7 %, gerak pemakanan terhadap getaran 76 % dan kekasaran 48,9 %, sudut tatal pahat terhadap getaran 25,8 % dan kekasaran 76,1 %, serta getaran terhadap kekasaran 72,1 %.

## ABSTRACT

ANTHONIUS LS HAANS. Correlate Vibration Analysis on the Surface Roughness of Carbon Steel in the Cutting Process of the Face Milling (advised by Hammada Abbas and Abdullah Mappaita).

The milling machining process are material pressed onto working bench, and bench is moved by chisels with a power that may periodically get bigger than the pressing power of the moving gear wheel of the machine bench and causes strong vibration that decreases the surface quality of the materials. The aim of this research are to determine the level of effects of variables in the face milling process such as : material, spindle rotation, feeding, and angle of cut on the machine vibration and surface roughness ; to determine each variabel correlation on the machine vibration and surface roughness. the result of the research indicate that all variables have strong effects on vibration and surface roughness. The correlation factor between material vibration is 5,4 % and for roughnees is 82 % ; between spindle rotation and vibration is 29 % and for roughness is 21,7 % ; between feeding and vibration is 76 % and for roughnees is 48,9 % ; between angle of cut and vibration is 25,8 % and for roughnees is 76,1 % and also between vibration and roughness is 72,1 %.

## DAFTAR ISI

|                                       | Halaman |
|---------------------------------------|---------|
| Halaman Sampul .....                  | i       |
| Lembar Pengesahan .....               | ii      |
| Kata Pengantar .....                  | iii     |
| Abstrak .....                         | iv      |
| Daftar Isi .....                      | vi      |
| Daftar Gambar .....                   | ix      |
| Daftar Tabel .....                    | x       |
| Daftar Lampiran .....                 | xi      |
| Daftar Notasi .....                   | xii     |
| <br>                                  |         |
| I. PENDAHULUAN                        |         |
| A. Latar Belakang .....               | 1       |
| B. Rumusan Masalah .....              | 2       |
| C. Tujuan Penelitian .....            | 3       |
| D. Manfaat Penelitian .....           | 3       |
| E. Batasan Masalah .....              | 4       |
| <br>                                  |         |
| II. TINJAUAN PUSTAKA                  |         |
| A. Tinjauan Umum Tentang Getaran..... | 6       |
| B. Karakteristik Getaran .....        | 8       |
| C. Parameter Getaran .....            | 12      |
| D. Pemilihan Parameter Getaran .....  | 13      |

|  |    |
|--|----|
| E. Kekasaran Permukaan .....                         | 14 |
| F. Tinjauan Umum Tentang Proses Mesin frais .....    | 16 |
| 1. Elemen Dasar Proses Frais .....                   | 17 |
| 2. Bentuk Pahat frais Horizontal .....               | 19 |
| 3. Gaya Pemotongan Pada Proses Frais.....            | 20 |
| G. Analisis Regresi .....                            | 22 |
| 1. Regresi Linier Berganda .....                     | 22 |
| 2. Asumsi-asumsi Penting dalam Analisa Regresi.....  | 23 |
| 3. Metode Kuadrat Terkecil Untuk Regresi Linier..... | 23 |
| H. Analisis Korelasi .....                           | 24 |
| 1. Koefisien Korelasi Linier Berganda .....          | 27 |
| 3. Koefisien Korelasi Rank .....                     | 27 |
| 4. Koefisien Korelasi Bersyarat .....                | 28 |
| 5. Koefisien Korelasi Parsial .....                  | 28 |
| III. METODE PENELITIAN                               |    |
| A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....                 | 30 |
| B. Bahan yang Digunakan .....                        | 30 |
| C. Alat yang Digunakan .....                         | 30 |
| D. Rancangan Penelitian .....                        | 31 |
| E. Skema Peralatan .....                             | 32 |
| F. Pelaksanaan Penelitian .....                      | 33 |
| G. Prosedur Penelitian dan Pengambilan Data .....    | 33 |

|  |     |
|--|-----|
| H. Teknik Analisa Data .....                           | 36  |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN                               |     |
| A. Hasil .....   | 37  |
| 1. Uji Tarik .....                                     | 37  |
| 2. Amplitudo Getaran .....                             | 38  |
| 3. Kekasaran Permukaan .....                           | 46  |
| 4. Korelasi Getaran Terhadap Kekasaran .....           | 54  |
| 5. Perhitungan Gaya Potong .....                       | 59  |
| B. Pembahasan .....                                    | 62  |
| 1. Uji Tarik .....                                     | 62  |
| 2. Amplitudo Getaran .....                             | 62  |
| 3. Kekasaran Permukaan .....                           | 65  |
| 4. Korelasi Amplitudo Getaran terhadap Kekasaran ..... | 68  |
| 5. Gaya Potong .....                                   | 69  |
| C. Hasil Tabel dan grafik .....                        | 70  |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN                                |     |
| A. Kesimpulan .....                                    | 98  |
| B. Saran .....   | 99  |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                   | 100 |

## DAFTAR GAMBAR

| No. Gambar   | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Pegas dengan Gerakan Harmonik Sederha .....                    | 8       |
| 2.2 Gerak Harmonik .....   | 9       |
| 2.3 Putaran Z dan Konjugatnya .....                                | 11      |
| 2.4 Profil Kekasaran Permukaan .....                               | 15      |
| 2.5 Proses Frais Muka .....  | 18      |
| 2.6 Gerakan Sikloidal gigi Pahat Frais .....                       | 21      |
| 2.7 Jenis-jenis Korelasi .....                                     | 25      |
| 3.1 Skema Peralatan Pengujian .....                                | 32      |
| 3.2 Skema Pelaksanaan Penelitian .....                             | 35      |
| 4.1 Batang Uji Penampang Segi Panjang .....                        | 37      |
| 4.2 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 42 .....    | 39      |
| 4.3 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 60 .....    | 39      |
| 4.4 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 42 .....  | 41      |
| 4.5 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 60 .....  | 41      |
| 4.6 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 42 .....       | 47      |
| 4.7 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 60 .....       | 48      |
| 4.8 Hubungan Kekasaran Permukaan dengan Putaran, St 42 .....       | 49      |
| 4.9 Hubungan Kekasaran Permukaan dengan Putaran, St 60 .....       | 50      |
| 4.10 Hubungan Amplitudo Getaran terhadap Kekasaran, n 212 rpm .... | 55      |



|  |       |    |
|--|-------|----|
| 4.11 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 42   | ..... | 70 |
| 4.12 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 60   | ..... | 71 |
| 4.13 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 42   | ..... | 72 |
| 4.14 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 60   | ..... | 72 |
| 4.15 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 42   | ..... | 73 |
| 4.16 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, st 60   | ..... | 74 |
| 4.17 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, St 42   | ..... | 75 |
| 4.18 Hubungan antara Getaran dengan Gerak Pemakanan, st 60   | ..... | 75 |
| 4.19 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 42 | ..... | 76 |
| 4.20 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 60 | ....  | 77 |
| 4.21 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 42 | ..... | 78 |
| 4.22 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 60 | ....  | 78 |
| 4.23 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 42 | ..... | 79 |
| 4.24 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 60 | ....  | 80 |
| 4.25 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 42 | ..... | 81 |
| 4.26 Hubungan antara Amplitudo Getaran dengan Putaran, St 60 | ....  | 81 |
| 4.27 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 42              | ..... | 82 |
| 4.28 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 60              | ..... | 83 |
| 4.29 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 42              | ..... | 84 |
| 4.30 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 60              | ..... | 84 |
| 4.31 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 42              | ..... | 85 |
| 4.32 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 60              | ..... | 86 |

|   |    |
|---|----|
| 4.33 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 42 .....             | 87 |
| 4.34 Hubungan Kekasaran terhadap Putaran, St 60 .....             | 87 |
| 4.35 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 42 .....     | 88 |
| 4.36 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 60 .....     | 89 |
| 4.37 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 42 .....     | 90 |
| 4.38 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 60 .....     | 90 |
| 4.39 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 42 .....     | 91 |
| 4.40 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 60 .....     | 92 |
| 4.41 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 42 .....     | 93 |
| 4.42 Hubungan Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, St 60 .....     | 93 |
| 4.43 Hubungan Amplitudo Getaran terhadap Kekasaran, n 230 rpm ... | 95 |
| 4.44 Hubungan Amplitudo Getaran terhadap Kekasaran, n 250 rpm ... | 97 |

## DAFTAR TABEL

| No. Tabel   | Halaman |
|---|---------|
| 4.1 Data hasil Getaran pada, n 180 Rpm .....                        | 38      |
| 4.2 Data hasil Getaran pada Vf 18 mm/mnt .....                      | 40      |
| 4.3 Hasil Analisis Amplitudo Getaran Mesin .....                    | 42      |
| 4.4 Indeks Determinasi .....  | 44      |
| 4.5 Analisa Varians Amplitudo Getaran .....                         | 45      |
| 4.6 Koefisien Variabel Bebas .....                                  | 45      |
| 4.7 Data hasil Kekasaran pada n 180 Rpm .....                       | 47      |
| 4.8 Data hasil Kekasaran pada Vf 18 mm/mnt .....                    | 49      |
| 4.9 Hasil Analisis Kekasaran Permukaan .....                        | 51      |
| 4.10 Indeks Determinasi Kekasaran permukaan .....                   | 52      |
| 4.11 Analisa Varians Kekasaran Permukaan .....                      | 53      |
| 4.12 Koefisien Variabel Bebas .....                                 | 53      |
| 4.13 Hubungan Amplitudo Getaran terhadap Kekasaran .....            | 54      |
| 4.14 Analisa Korelasi Variabel Bebas dengan Amplitudo Getaran ..... | 56      |
| 4.15 Analisa Korelasi Variabel Bebas dengan Kekasaran Permukaan ... | 57      |
| 4.16 Analisa Korelasi Amplitudo Getaran dengan Kekasaran .....      | 58      |
| 4.17 Data hasil Getaran pada putaran 195 rpm .....                  | 70      |
| 4.18 Data hasil Getaran pada putaran 212 rpm .....                  | 71      |

|   |    |
|---|----|
| 4.19 Data hasil Getaran pada putaran 230 rpm .....                | 73 |
| 4.20 Data hasil Getaran pada putaran 250 rpm .....                | 74 |
| 4.21 Data hasil Getaran terhadap Putaran, Vf 26 mm/mnt .....      | 76 |
| 4.22 Data hasil Getaran terhadap Putaran, Vf 38 mm/mnt .....      | 77 |
| 4.23 Data hasil Getaran terhadap Putaran, Vf 57 mm/mnt .....      | 79 |
| 4.24 Data hasil Getaran terhadap Putaran, Vf 12 mm/mnt .....      | 80 |
| 4.25 Data hasil Kekasaran terhadap Putaran, Vf 26 mm/mnt .....    | 82 |
| 4.26 Data hasil Kekasaran terhadap Putaran, Vf 38 mm/mnt .....    | 83 |
| 4.27 Data hasil Kekasaran terhadap Putaran, Vf 57 mm/mnt .....    | 85 |
| 4.28 Data hasil Kekasaran terhadap Putaran, Vf 12 mm/mnt .....    | 86 |
| 4.29 Data hasil Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, n 195 Rpm ... | 88 |
| 4.30 Data hasil Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, n 212 Rpm ... | 89 |
| 4.31 Data hasil Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, n 230 Rpm ... | 91 |
| 4.32 Data hasil Kekasaran terhadap Gerak Pemakanan, n 250 Rpm ... | 92 |
| 4.33 Amplitudo Getaran terhadap Kekasaran Permukaan, . 3° .....   | 94 |
| 4.34 Amplitudo Getaran terhadap Kekasaran Permukaan, . 4° .....   | 96 |

## DAFTAR LAMPIRAN

| No. Lampiran  | Halaman |
|---|---------|
| 1 Data Penelitian Bahan St 42 .....                       | 101     |
| 2 Data Penelitian Bahan St 60 .....                       | 102     |
| 3 Gaya Potong Spesifik Referensi dalam Proses Frais ..... | 103     |
| 4 Normalisasi Batang Uji Penampang Segi Panjang .....     | 104     |
| 5 Sifat Mekanik dan Komposisi Beberapa Jenis Bahan .....  | 105     |
| 6 Tabel hasil perhitungan gaya pemotongan, st 42 .....    | 105     |
| 7 Tabel hasil perhitungan gaya pemotongan, St 60 .....    | 107     |
| 8 Kondisi Pada Saat Pengujian .....                       | 108     |
| 9 Kondisi Pada Saat Pengujian .....                       | 109     |

## DAFTAR NOTASI

| Simbol | Arti                 | Satuan        |
|--------|----------------------|---------------|
| B      | Material             |               |
| f      | Frekwensi            | Hertz         |
| F      | Fiher test           |               |
| A      | Amplitudo Getaran    | $\mu\text{m}$ |
| n      | Putaran              | rpm           |
| N      | Jumlah data          |               |
| t      | t test               |               |
| a      | Kedalaman Potong     | mm            |
| X      | Variabel bebas       |               |
| Y      | Variabel tidak bebas |               |
| df     | Derajat kebebasan    |               |
| fz     | Gerak makan pergigi  | mm/gigi       |
| Ra     | Kekasaran Permukaan  | $\mu\text{m}$ |
| Vc     | Kecepatan potong     | mm/det        |
| vf     | Gerak Pemakanan      | mm/mnt        |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Kualitas suatu produk proses pemotongan logam pada mesin perkakas dipengaruhi oleh jenis bahan yang dipotong, kecepatan potong (*cutting speed*), gerak pemakanan (*feeding speed*), kedalaman potong (*depth of cut*), waktu pemotongan (*cutting time*), dan kecepatan penghasilan geram.

Proses pemotongan logam pada mesin frais terbagi dua, yaitu : proses pemotongan dengan sumbu alat potong tegak lurus benda kerja dan sumbu alat potong sejajar benda kerja. Untuk proses pemotongan logam dengan mesin frais vertikal, benda kerja akan mengalami tekanan dan meja terdorong oleh alat potong sehingga jika hal ini terjadi secara periodik akan menimbulkan getaran yang besar serta mempengaruhi kualitas kekasaran permukaan benda kerja. Pahat frais termasuk bermata potong jamak dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi frais. Sedangkan untuk sudut potong pahat frais dibentuk oleh dua sudut yaitu : sudut bebas dan sudut tatal.

Penelitian yang dilakukan oleh Anzarih (2004) dalam : Analisis pengaruh getaran terhadap kekasaran permukaan baja karbon dengan variasi sudut potong (dalam hal ini memvariasikan beberapa sudut bebas) menyimpulkan bahwa pengaruh getaran dan kekasaran sebagai berikut :

material terhadap getaran 80 %, dan terhadap kekasaran 87 % ; kedalamam pemakanan terhadap getaran 80 % dan terhadap kekasaran 98 % ; sudut potong pahat terhadap getaran 77 % dan kekasaran 98 %.

Suatu pengamatan oleh Oegik S (2002) menyimpulkan bahwa kedalamam pemakanan akan berpengaruh pada tebal geram dan sudut potong utama berarti juga mempengaruhi kekasaran permukaan.

Berdasarkan uraian diatas, akan diadakan penelitian lanjutan untuk melengkapi beberapa variabel yang belum diuji, yaitu : gerak pemakanan, kecepatan potong, sudut tatal pahat yang diperlukan untuk memberikan gambaran lebih lengkap mengenai pengaruh getaran dalam bentuk penelitian berjudul ***“Analisis Korelasi Getaran terhadap Kekasaran Permukaan Baja Karbon pada Mesin Frais Vertikal dengan Variasi Sudut Tatal Pahat”***.

Penyelesaian persoalan diatas dapat menjadi salah satu acuan dalam merencanakan proses permesinan pada frais vertikal.

## **B. RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang diatas, beberapa masalah yang ada dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana hubungan getaran mesin terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses frais vertikal menggunakan pisau frais jenis *end mill* tipe halus.



2. Berapa besar pengaruh : material, gerak pemakanan, kecepatan potong dan sudut tatal, pahat terhadap getaran dan kekasaran permukaan pada proses frais vertikal.
3. Bagaimana korelasi antara material, kecepatan pemakanan, kecepatan potong, dan sudut tatal pahat terhadap getaran dan kekasaran permukaan pada frais vertikal.

### **C. TUJUAN PENELITIAN**

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yang ingin dicapai yaitu :

1. Menentukan rasio antara getaran yang terjadi selama proses pengefraisan terhadap kekasaran permukaan.
2. Menentukan berapa besar pengaruh material , gerak pemakanan, kecepatan potong dan sudut tatal, pahat terhadap getaran dan kekasaran permukaan.
3. Menentukan korelasi antara material, gerakan pemakanan, putaran mesin dan sudut tatal pahat terhadap getaran dan kekasaran permukaan.

### **D. MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian yang dilakukan ini sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai korelasi antara getaran mesin dan kekasaran permukaan produk khususnya terhadap pengaruh putaran mesin, gerak pemakanan, dan sudut tatal pahat pada proses frais vertikal.
2. Memberikan informasi bagi kalangan industri mengetahui seberapa besar pengaruh putaran mesin, gerak pemakanan, dan sudut tatal pahat pada proses frais vertikal.
3. Bagi kalangan peneliti dapat dijadikan sebagai bahan pembanding pada penelitian yang berhubungan dengan getaran dan kekasaran permukaan pada frais vertikal.
4. Sebagai salah satu acuan bagi operator mesin frais untuk membuat dan merencanakan kerja guna menghasilkan kualitas produk yang diinginkan.

#### **E. BATASAN MASALAH**

Mengingat banyaknya permasalahan yang terjadi maka dalam penelitian ini kami membatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Material yang digunakan ialah St 42 dan St 60 yang diperoleh dipasaran dan diasumsikan homogen pada seluruh bagian.
2. Jenis pahat yang digunakan pada penelitian ini ialah HSS tipe end mill untuk pengerjaan halus dengan  $\varnothing$  40 mm.

3. Penelitian dan percobaan dilakukan pada batas kemampuan mesin serta dalam kondisi baik dengan kedalaman pemakanan 0,5 mm.
4. Dimensi bahan uji disesuaikan dengan kemampuan alat ukur getaran dan kekasaran permukaan yang tersedia.
5. Analisis pengaruh material, gerak pemakanan, kecepatan potong, dan sudut tatal pahat dilakukan dengan metode statistik.
6. Proses pengefraisan dilakukan dengan bantuan cairan pendingin.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Tentang Getaran**

Studi tentang getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar. Jadi kebanyakan mesin mengalami getaran sampai derajat tertentu, dan rancangannya harus mempertimbangkan sifat osilasinya.

Mesin adalah suatu sistem, sangat akrab dengan masalah getaran karena memiliki massa dan sifat elastis serta adanya gangguan berupa massa berputar dan bolak-balik yang tidak seimbang. Bentuk dan besarnya getaran dipengaruhi oleh kondisi elemen-elemen berpasangan yang terdapat pada mesin itu sendiri.

Setiap benda atau sistem yang memiliki massa dan sifat elastis jika diberi gangguan, maka benda atau sistem tersebut akan bergetar berdasarkan pada gangguan yang diberikan pada benda atau sistem, getaran yang timbul dapat diklasifikasikan sebagai getaran bebas dan paksa.

Getaran bebas adalah gerakan periodik yang diamati sebagai sistem yang berpindah dari kedudukan kesetimbangan statis, gaya yang bekerja adalah gaya pegas, gesekan dan berat massa. Akibat adanya gesekan, getaran hilang sesuai dengan waktu.

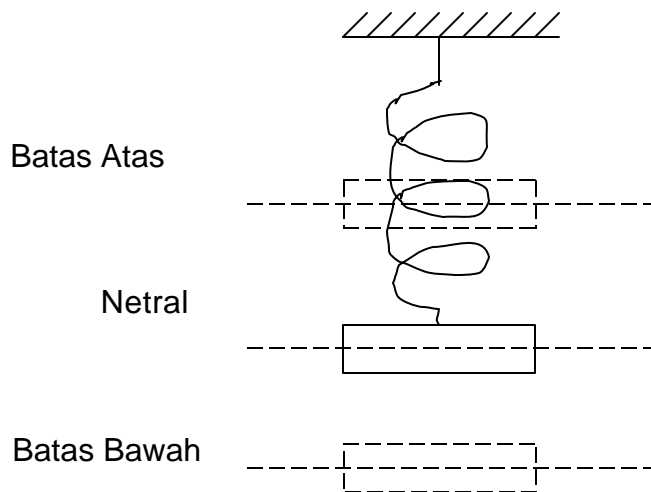
Getaran bebas terjadi jika tanpa pengaruh gaya luar, sistem berosilasi disebabkan oleh gaya yang berada dalam sistem itu sendiri. Frekwensi pribadi sistem adalah merupakan karakteristik yang dimiliki oleh sistem yang bergetar. Penentuan frekwensi pribadi sistem yang mengalami getaran adalah sangat penting untuk mencegah terjadinya resonansi (thompson,1981).

Jika suatu sistem diberi gangguan berupa gaya luar, maka sistem akan bergetar dimana frekwensi pribadi sistem akan sama dengan frekwensi eksitasinya. Maka getaran yang terjadi disebut getaran paksa (*forced fibration*) sehingga terjadi resonansi yang menyebabkan amplitudo yang sangat besar. Adanya amplitudo yang sangat besar harus dihindari dengan menggunakan peredam pada sistem yang bergetar tersebut (Thompson,1981).

Secara teoritis untuk sistem tanpa peredam, besarnya simpangan yang terjadi pada saat resonansi akan mencapai nilai tak terhingga. Namun secara eksperimental hal ini tidak akan terjadi karena setiap sistem yang bergetar memiliki sifat redaman yang dapat mengurangi besarnya simpangan yang terjadi. Karena energi yang diterima oleh sistem yang bergetar didisipasi secara internal.

## B. Karakteristik Getaran

Dengan cara yang sederhana getaran dapat dilihat pada suatu pegas tarik yang diberi beban, kemudian beban ditarik dan dilepaskan. Pada pegas akan terlihat gerakan bolak balik dari posisi netral ke posisi maksimum dan kembali ke posisi netral. Getaran pada pegas sederhana disebut getaran harmonis sederhana (lihat gambar 2.1).



Gambar 2.1 Pegas dengan gerakan harmonik sederhana

Pada gerakan harmonik sederhana, grafiknya berbentuk sinusoidal.

Simpangan getaran (displacement) dinyatakan dalam :

$$x = X \sin(\omega t) \dots\dots\dots 2.1$$

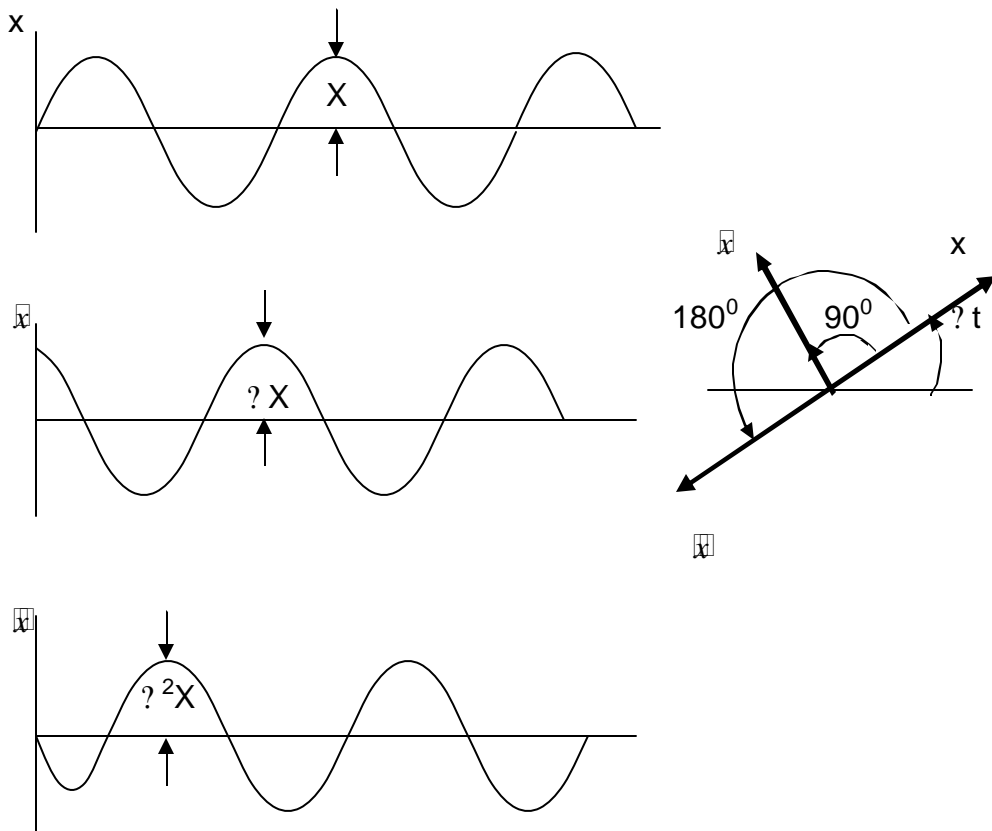
Kecepatan getaran dinyatakan dalam :

$$v = \omega X \cos(\omega t) \dots\dots\dots 2.2$$

Percepatan getaran dinyatakan dalam :

$x = X \sin \omega t$  ..... 2.3

Kecepatan dan percepatan juga harmonik dengan frekwensi osilasi yang sama, tetapi mendahului simpangan, berturut-turut dengan  $\pi/2$  dan  $\pi$  radian. Pada gambar 2.2 menunjukkan baik perubahan terhadap waktu maupun hubungan fasa vektor antara simpangan, kecepatan dan percepatan pada gerak harmonik.



Gambar 2.2 Gerak harmonik, kecepatan dan percepatan mendahului simpangan dengan  $\pi/2$  dan  $\pi$  (Thompson, 1981)

### C. Parameter Getaran

Kondisi mesin dan gangguan pada mesin dapat ditentukan dengan mengukur parameter atau ukuran getaran yang terjadi. Parameter getaran yang sering dipakai adalah :

1. Frekwensi (*freqwency*)
2. Simpangan (*displacement*)
3. Kecepatan (*velocity*)
4. Percepatan (*acceleration*)

Frekwensi (f) dapat diartikan sebagai jumlah siklus yang dapat ditempuh setiap satuan waktu. Pada umumnya frekwensi dinyatakan dalam Hertz, yaitu jumlah siklus dalam detik. Sedangkan periode (T) yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu siklus sehingga :

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{atau} \quad f = \frac{1}{T} \dots\dots\dots 2.4$$

Simpangan getaran dari puncak ke puncak (*peak to peak*) diartikan sebagai jarak yang ditempuh oleh getaran dari puncak atas sampai puncak bawah. Kecepatan getaran (*vibration velocity*) dari netral ke puncak (*peak*) diartikan sebagai kecepatan gerakan, diukur dari sumbu netral ke batas maksimum. Kecepatan getaran dinyatakan dalam satuan inch per detik atau milimeter per detik. Percepatan getaran (*vibration acceleration*) diukur dari sumbu netral hingga puncak (*peak*) dinyatakan dalam satuan “g”, inch/s<sup>2</sup> atau



mm/det<sup>2</sup>. Satuan “g” adalah percepatan yang dihasilkan gaya gravitasi pada permukaan bumi. Menurut perjanjian internasional “g” besarnya 980,665 cm/det<sup>2</sup> atau 386,087 inch/det<sup>2</sup> atau sama dengan 32,1739 feet/det<sup>2</sup>.

#### **D. Pemilihan Parameter Pengukuran**

Pemilihan parameter pengukuran getaran didasarkan atas rentang frekwensi dan jenis mesin. Parameter pengukuran getaran berdasarkan rentang frekwensi antara lain :

1. Simpangan

Pengukuran simpangan digunakan untuk mesin yang berputar pada frekwensi rendah yaitu dibawah 600 rpm.

2. Kecepatan

Pengukuran kecepatan digunakan untuk mesin yang berputar pada frekwensi antara 600 rpm hingga 60.000 rpm.

3. Percepatan

Pengukuran percepatan digunakan pada mesin yang berputar pada frekwensi tinggi yaitu lebih dari 60.000 rpm.

Pemeriksaan getaran mesin dapat dilakukan secara permanen, semi permanen maupun secara off line. Jika pengukuran getaran dilakukan secara permanen dan terus menerus transducer, data collector dan penganalisanya terpasang secara tetap. Sedangkan jika pengukuran getaran dilakukan

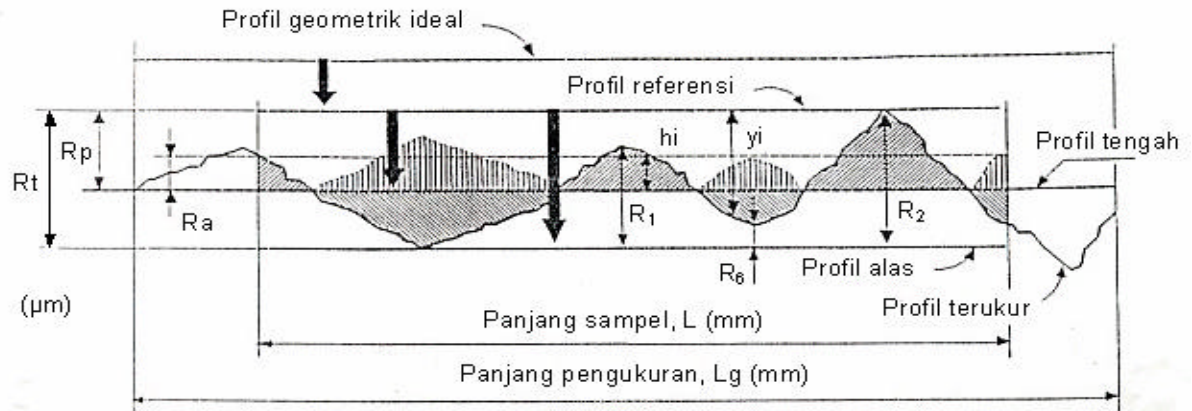
secara off line, pengukuran dapat dilakukan terlebih dahulu, setelah itu analisa dilakukan. Setiap pengukuran getaran diperlukan transduser yang berfungsi sebagai sensor atau penangkap getaran dan perubahan getaran mekanik menjadi sinyal elektrik.

### **E. Kekasaran Permukaan**

Permukaan adalah batas yang memisahkan benda padat dengan sekelilingnya. Jika ditinjau dengan skala yang kecil, maka pada dasarnya konfigurasi suatu permukaan dari elemen mesin adalah juga merupakan suatu karakteristik geometri, yang dalam hal ini dapat merupakan suatu mikro geometri. Karakteristik suatu permukaan akan memegang peranan penting dalam perencanaan elemen mesin, yaitu berhubungan dengan gesekan, keausan, pelumasan, tahanan kelelahan dari komponen, perekatan dua atau lebih komponen-komponen mesin dan sebagainya.

Parameter permukaan untuk memproduksi profil suatu permukaan maka jarum peraba (stylus) dari alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang ditentukan lebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut panjang pengukuran (traversing length). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti maka secara elektrik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang terdeteksi oleh jarum peraba. Bagian dari panjang pengukuran dimana dilakukan analisa dari profil

permukaan disebut dengan panjang sampel, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Posisi profil referensi terukur untuk satu permukaan panjang sampel (Rochim Taufik, 1993)

Berdasarkan profil-profil yang diterangkan diatas maka dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan mendatar. Untuk dimensi arah tegak dikenal beberapa parameter, yaitu :

1. Kekasaran rata-rata Aritmatik (mean roughness index),  $R_a$  adalah kekasaran yang diukur dari rata-rata luasan yang terbentuk dari profil permukaan. Yang dirumuskan sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l h_i dx \dots\dots\dots 2.5$$

2. Kekasaran total (peak to valley),  $R_t$  yaitu kekasaran yang diukur dari puncak profil tertinggi ke bagian profil yang terendah.

3. Kekasaran perataan (depth of surface smoothness),  $R_p$  yaitu jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur, dapat dirumuskan sebagai berikut

$$R_p = \frac{1}{l_0} \sum y_i dx \dots\dots\dots 2.6$$

4. Kekasaran rata-rata kuadratis,  $R_g$

$$R_g = \sqrt{\frac{1}{l} \sum y_i^2 dx} \dots\dots\dots 2.7$$

### F. Tinjauan Umum Tentang Proses Mesin Frais

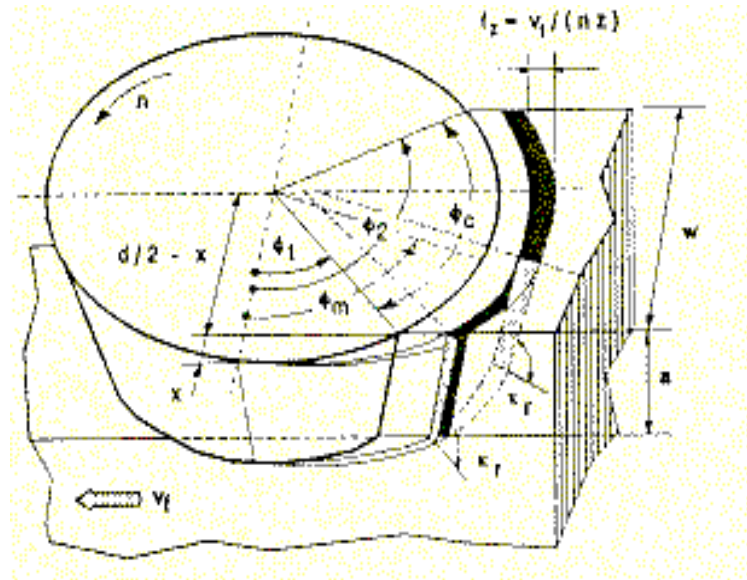
Mesin frais adalah salah satu mesin perkakas yang paling banyak fungsinya dari segala mesin perkakas, permukaan yang datar maupun berlekuk dapat dimesin dengan penyelesaian dan ketelitian yang tinggi. Ada dua jenis proses pemotongan yang dapat dilakukan yaitu : proses frais selubung dan proses frais muka. Pahat frais termasuk pahat bermata potong jamak dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi frais ( $z$ ). Sesuai dengan jenis pahat yang digunakan dikenal dua macam cara seperti mengefrais datar dan mengefrais tegak dengan sumbu putaran pahat frais muka tegak lurus permukaan benda kerja..

Pahat frais dengan diameter tertentu dipasang pada poros utama (*spindle*) mesin frais dengan perantara poros pemegang (untuk pahat frais selubung) atau langsung melalui hubungan dan lubang konis (untuk frais

muka yang mempunyai lubang konis). Seperti halnya mesin bubut, putaran poros utama dapat dipilih sesuai dengan tingkatan putaran yang tersedia pada mesin frais. Posisi sumbu poros utama mesin frais dapat horisontal dan vertikal, tergantung pada jenis mesinnya. Benda kerja yang dipasangkan pada meja dapat diatur gerak pemakanannya tergantung pada harga gerak pemakanan pergigi. Besarnya gerak pemakanan antara lain dipengaruhi oleh jumlah gigi pahat frais ( $z$ ). Untuk gerak pemakanan yang sama maka gerak makan pergigi ( $f_s$ ) menjadi berlainan bila jumlah gigi berbeda. Kedalaman potong ( $a$ ) diatur dengan cara menaikkan meja melalui roda pemutar untuk menggeser lutut pada tiang mesin (Rochim Taufik, 19993).

### **1. Elemen dasar proses frais**

Elemen-elemen dasar pada proses frais dapat ditentukan dengan memperhatikan gambar 2.4 Dalam hal ini persamaan yang digunakan berlaku bagi kedua cara mengefrais, mengefrais tegak atau mengefrais datar.



Gambar 2.4 Proses frais muka (Rochim Taufik, 1993)

Kecepatan potong

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000} \quad ; \quad m/min \quad \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

$d$  ? diameter pahat; mm

$n$  ? putaran spindel; rpm

Gerak makan pergigi

$$f_z = \frac{v_f}{z n} \quad ; \quad mm/(gigi) \quad \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

$v_f$  ? gerak insut; mm/menit

$z$  ? jumlah gigi

## 2. Bentuk pahat frais muka

Pahat frais bergigi lurus ( $\phi_s = 0, \text{Kr} = 90$ )

Bagi pahat frais bergigi lurus lebar pemotongan  $w$  selalu tetap sehingga penampang geram hanya merupakan fungsi tebal geram sesuai dengan sudut posisi gigi  $\phi$ . Pada proses frais tegak seluruh gigi frais melakukan pemotongan. Pada suatu saat, mungkin tidak ada atau ada satu atau beberapa buah saja gigi yang efektif bekerja, tergantung pada besarnya sudut persentuhan  $\phi_c$  dan sudut sektor gigi  $\phi_z$ .

Untuk mengecek perhitungan perlu diperiksa jumlah gigi efektif  $Z_e$  yang dihitung dari rumus :

$$Z_e = \frac{Z \cdot \phi_c}{2 \cdot \phi} \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana sudut masuk ( $\phi_1$ ) dan sudut keluar ( $\phi_2$ ) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\cos \phi_1 = \frac{d/2 - x}{d/2} \dots\dots\dots 2.10$$

$$\cos \phi_2 = \frac{d/2 - x - w}{d/2}$$

Keterangan :

$\phi_c$  ? sudut persentuhan ;  $\phi_2 \phi_1$  ; rad

$\phi_z$  ? sudut sektor gigi ; rad

$\cos \phi_1$  ? sudut masuk ; rad

$\cos \phi_2$  ? sudut keluar ; rad

$d$  ? diameter pahat; mm

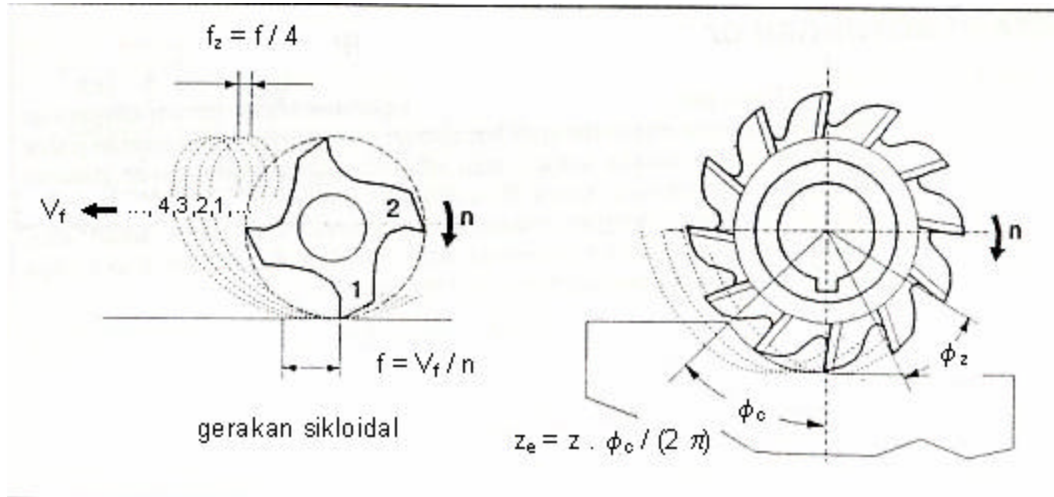
$x$  ? posisi frais; mm

$w$  ? lebar pemotongan; mm

### 3. Gaya pemotongan pada proses frais

Gerakan dari setiap mata potong pahat frais relatif terhadap benda kerja merupakan gerakan sikloidal, lihat gambar 2.6. Oleh sebab itu, bagaimanapun posisi pahat frais relatif terhadap lebar pemotongan (pada frais tegak) atau kedalaman potong (pada frais datar) selalu akan memotong benda kerja dengan ketebalan geram yang berubah. Jarak antara sikloidal yang berurutan, pada arah kecepatan makan, akan selalu sama dan jarak ini dinamakan gerak makan pergigi  $f_z$ , (feed pertooth, mm). Gerak makan pergigi merupakan variabel yang penting dalam proses frais dan harganya ditentukan oleh gerak pemakanan  $V_f$ , putaran pahat  $n$ , serta jumlah gigi  $z$  (pers. 2.8)





Gambar 2.5 Gerakan sikloidal gigi (mata potong) pahat frais (Rochim Taufik, 1993)

Bagi frais bergigi lurus tebal geram sebelum terpotong rata-rata dapat ditentukan:

$$h_m = f_z \cdot \sin K_r \cdot \sin^2 \alpha_m \dots\dots\dots 2.11$$

Dimana :

$$\sin^2 \alpha_m = \frac{\cos^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_2}{\cos^2 \alpha_c} \dots\dots\dots 2.12$$

Sedangkan tebal geram maksimum dapat ditentukan :

$$h_{max} = f_z \cdot \sin K_r \dots\dots\dots 2.13$$

Dengan demikian gaya potong tangensial rata-rata adalah :

$$F_{tm} = K_{s1.1} \cdot a \cdot h_m^{1.25} \dots\dots\dots 2.14$$

Sedangkan harga gaya potong maksimum adalah :

$$F_{t \max} = K_{s1.1} \cdot a \cdot h_{\max}^{1.2} \dots\dots\dots 2.15$$

Fluktuasi gaya pemotongan :

$$\sigma_{F_t} = \frac{F_{t \max}}{F_{tm}} \dots\dots\dots 2.16$$

### G. Analisis Regresi

Jika kita mempunyai data yang terdiri atas dua atau lebih variabel, adalah sewajarnya untuk mempelajari cara bagaimana variabel-variabel itu berhubungan. Hubungan yang didapat umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel. Studi yang menyangkut masalah ini dikenal dengan analisa regresi.

#### 1. Model Regresi Linier Sederhana

Seperti pada statistika, analisa regresi juga menentukan hubungan fungsional yang diharapkan berlaku untuk populasi, berdasarkan sampel yang diambil dari populasi yang bersangkutan. Untuk analisa regresi dibedakan atas dua jenis variabel, yaitu antara variabel bebas dan variabel tak bebas. Model regresi linier sederhana dengan sebuah variabel adalah :

$$y = a_0 + a_1 X \dots\dots\dots 2.17$$

Parameter-parameter  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  perlu ditaksir, yaitu oleh a dan b. Dengan demikian persamaan regresinya adalah :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana Y adalah variabel tak bebas dan X adalah variabel bebasnya.

## 2. Asumsi-Asumsi Penting dalam Analisa Regresi

- 1) Hubungan antara Y dan X adalah linier.
- 2) Galat yang terjadi memiliki rata-rata nol.
- 3) Varians dari galat harus konstan.
- 4) Tidak terjadi keterkaitan antara galat (saling bebas).
- 5) Galat terdistribusi normal.

## 3. Metode Kuadrat Terkecil untuk Regresi Linier

Metode ini berpangkat pada kenyataan bahwa jumlah kuadrat dari pada jarak antara titik-titik dengan garis regresi yang sedang dicari harus sekecil mungkin. Untuk fenomena yang terdiri dari sebuah variabel bebas dan sebuah variabel tak bebas, maka taksiran harga-harga  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  oleh a dan b adalah sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum Y_i - \frac{\sum Y_i \sum X_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \dots\dots\dots 2.19$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \dots\dots\dots 2.20$$

#### 4. Regresi Tak Linier

Untuk model regresi tak linier, persamaannya harus dikembalikan pada model linier, sebagai contoh, dibawah ini akan ditinjau salah satu model regresi tak linier yang akan dikembalikan ke bentuk linier.

Model eksponensial :

$$Y = ab^x$$

Persamaan diatas dapat dikembalikan pada model linier apabila diambil logaritmanya. Persamaannya menjadi :

$$\text{Log } Y = \text{Log } a + (\text{Log } b) x$$

#### 5. Regresi linier Berganda

Model regresi berganda yang mengandung lebih satu variabel bebas disebut regresi linier berganda. Regresi  $Y$  atas  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , akan ditaksir oleh :

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_k X_k \dots\dots\dots 2.21$$

dengan  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$  merupakan koefisien-koefisien yang harus ditentukan berdasarkan data hasil pengamatan.

Koefisien-koefisien  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$ , ditentukan dengan menggunakan metode kwadrat terkecil, seperti halnya menentukan koefisien-koefisien  $a$  dan  $b$  untuk regresi linier sederhana.

## H. Analisis Korelasi

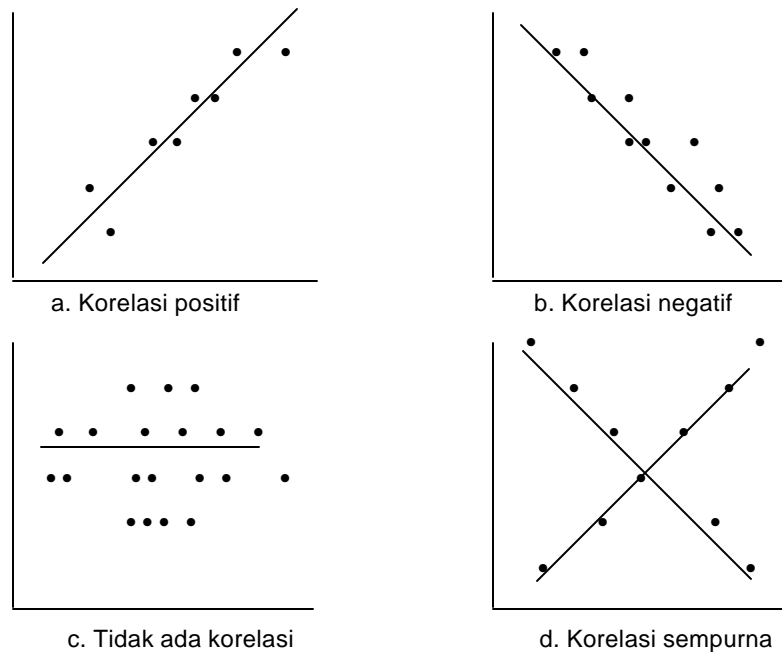
Menurut Usman dan Husaini (1995) korelasi adalah istilah statistik yang menyatakan derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih, yang ditemukan oleh Karl Perason pada awal 1900. Oleh sebab itu terkenal dengan nama korelasi Perason Product Moment (PPM). Korelasi merupakan salah satu teknik analisis statistik yang paling banyak digunakan. Hubungan antara dua variabel bukanlah merupakan hubungan sebab akibat timbal balik melainkan merupakan hubungan akibat searah.

Menurut Hasan dan Iqbal (1999) pada analisa korelasi dikenal variabel terikat (variabel dependent) yang merupakan akibat dan varabel bebas (Vriabel independent) yang merupakan penyebab. Variabel bebas biasanya dilambangkan dengan huruf  $X$ , sedangkan variabel terikat biasanya dilambangkan dengan huruf  $Y$ . Variabel bebas adalah variabel yang nilai-nilainya tidak bergantung pada variabel lain dan digunakan untuk meramalkan atau menerangkan nilai variabel lain. Variabel terikat adalah variabel nilai-nilainya bergantung pada variabel lain dan merupakan variabel yang diramalkan atau diterangkan nilainya. Korelasi digunakan untuk mencari

hubungan antara dua variabel bebas atau lebih yang secara bersama-sama dihubungkan dengan variabel terikat.

Korelasi yang terjadi antara dua variabel dapat berupa korelasi positif, negatif, sempurna atau tidak ada korelasi.

1. Korelasi positif adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila variabel  $X$  meningkat maka variabel  $Y$  cenderung meningkat pula.
2. Korelasi negatif adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila variabel  $X$  meningkat maka variabel  $Y$  cenderung menurun.
3. Korelasi sempurna adalah korelasi dari dua variabel, yaitu apabila kenaikan atau penurunan variabel  $X$  berbanding dengan kenaikan atau penurunan variabel  $Y$ .
4. Tidak ada korelasi, yaitu apabila kedua variabel  $X$  dan variabel  $Y$  tidak menunjukkan adanya hubungan.



Gambar 2.6 Jenis-jenis Korelasi (Hasan Iqbal, 1999)

Korelasi dibedakan 2 kelompok, yaitu :

1. Korelasi biasa, bila variabel bebasnya hanya satu
2. Korelasi ganda, bila variabel bebasnya lebih dari satu.

Koefisien korelasi merupakan indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur kedekatan hubungan antara variabel. Koefisien korelasi disimbolkan “r”, yang memiliki nilai -1 dan +1 ( $-1 \leq r \leq 1$ ).

- a. Jika r bernilai positif maka variabel-variabel berkorelasi positif. Semakin dekat nilai r ke +1 semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.

- b. Jika  $r$  bernilai negatif maka variabel-variabel berkorelasi negatif. Semakin dekat nilai  $r$  ke  $-1$  semakin lemah korelasinya, demikian pula sebaliknya.
- c. Jika  $r$  bernilai  $0$  (nol) maka variabel-variabel tidak menunjukkan korelasi.
- d. Jika  $r$  bernilai  $+1$  atau  $-1$  maka variabel-variabel menunjukkan berkorelasi positif negatif sempurna.

Jika  $r$  dikuadratkan, akan menjadi koefisien determinasi atau koefisien penentu. Artinya, penyebab perubahan pada variabel  $Y$  datang dari variabel  $X$  sebesar  $r^2$ .

Ada beberapa jenis koefisien korelasi, antara lain sebagai berikut :

### 1. Koefisien korelasi linier

Koefisien korelasi linier adalah indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel yang sifatnya linier. Koefisien korelasi linier dapat dihitung dengan menggunakan metode least square atau metode product moment.

- a. Metode least square

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \dots\dots\dots 2.22$$



b. Metode product moment

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}} \dots\dots\dots 2.23$$

Keterangan :

r = koefisien korelasi

x = deviasi rata-rata variabel X

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

y = deviasi rata-rata variabel Y

$$= Y - \bar{Y}$$

## 2. Koefisien korelasi linier berganda

Koefisien korelasi linier berganda adalah indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara tiga variabel atau lebih. Koefisien korelasi berganda dirumuskan :

$$R_{1,23} = \sqrt{\frac{r_{12}^2 + r_{13}^2 - 2r_{12}r_{13}r_{23}}{1 - r_{23}^2}} \dots\dots\dots 2.24$$

keterangan :

$R_{1,23}$  = koefisien korelasi linier tiga variabel

$r_{12}$  = koefisien korelasi variabel 1 dan 2

$r_{13}$  = koefisien korelasi variabel 1 dan 3

$r_{23}$  = koefisien korelasi variabel 2 dan 3

### 3. Koefisien korelasi rank

Koefisien korelasi rank adalah indeks atau angka yang dipakai untuk mengukur keeratan korelasi antara dua variabel yang didasarkan atas renking atau tingkatan.

$$r' = \frac{\sum d^2}{n(n^2 - 1)} \dots\dots\dots 2.25$$

keterangan :

$r'$  = koefisien korelasi rank

$d$  = selisih dalam rank

$n$  = banyaknya pasangan rank

### 4. Koefisien korelasi bersyarat

Koefisien korelasi bersyarat digunakan untuk data kualitatif. Data kualitatif adalah data-data yang tidak berbentuk angka-angka, melainkan berupa kategori-kategori, misalnya data yang berkategori kurang, cukup, sangat cukup atau tinggi, menengah atau sedang, rendah, atau gejala-gejala yang bersifat nominal. Koefisien korelasi bersyarat dirumuskan :

$$C = \sqrt{\frac{X^2}{X^2 + n}} \dots\dots\dots 2.26$$

keterangan :

X = chi kuadrat

n = jumlah semua frekwensi

C = koefisien korelasi bersyarat

### 5. Koefisien korelasi parsial

Koefisien korelasi parsial adalah indeks atau angka yang digunakan untuk mengukur keeratan hubungan antara dua variabel, jika variabel lainnya konstan, pada hubungan yang melibatkan lebih dari dua variabel. koefisien korelasi parsial untuk tiga variabel dirumuskan sebagai berikut :

a. Koefisien korelasi antara Y dan X<sub>2</sub>, apabila X<sub>3</sub> konstan dirumuskan :

$$r_{12.3} = \frac{r_{12} - r_{13} \cdot r_{23}}{\sqrt{1 - r_{13}^2} \sqrt{1 - r_{23}^2}} \dots\dots\dots 2.27$$

b. Koefisien korelasi antara Y dan X<sub>3</sub>, apabila X<sub>2</sub> konstan dirumuskan :

$$r_{13.2} = \frac{r_{13} - r_{12} \cdot r_{23}}{\sqrt{1 - r_{12}^2} \sqrt{1 - r_{23}^2}} \dots\dots\dots 2.28$$

c. Koefisien korelasi antara X<sub>2</sub> dan X<sub>3</sub>, apabila Y konstan dirumuskan :

$$r_{23.1} = \frac{r_{23} - r_{12} \cdot r_{13}}{\sqrt{1 - r_{12}^2} \sqrt{1 - r_{13}^2}} \dots\dots\dots 2.29$$