

## ANALISA NOISE DAN KEAUSAN PAHAT H10 N15 PADA PEMOTONGAN BAJA AISI 1045

Whilly Widodo Rabono<sup>1)</sup>, Abdul Haris Nasution<sup>2)</sup>, Muksin R. Harahap<sup>3)</sup>  
<sup>1,2,3)</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU

E-mail : -

### Abstrak

Pembubutan bahan baja AISI 1045 permesinan dilakukan dengan pemotongan kering dengan variasi kecepatan potong (V), kecepatan makan (f), kedalaman potong (n), temperatur (T), waktu pemotongan (tc), frekuensi suara (Dbc), aus tepi (Vb), panjang (p), karakteristik keausan pahat suatu produk tergantung pada proses pemesinan yang dilakukan pada produk tersebut, maka dari itu setiap kemasan keausan pahat produk akan berbeda pada setiap proses pemesinan yang dilakukan. Berbagai metode dilakukan untuk menjelaskan karakteristik keausan keausan pahat yang di hasilkan oleh suatu proses pemesinan, dimana proses pemesinan dapat menyebabkan ketidak teraturan karakteristik keausan produk, tujuan penelitian ini untuk menentukan ada tidaknya pengaruh kecepatan potong terhadap noise kecepatan potong dengan temperatur potong, dan pengaruh keausan. Dari hasil penelitian ini didapati keausan pahat terhadap noise dengan nilai pemotongan terbaik 0,07 dengan nilai noise max 82,5.

Kata kunci : Keausan, Pahat, Baja

### 1. Pendahuluan

#### 1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya zaman, pengetahuan teknologi dan produk baik di dalam pengetahuan konversi energy, material bahan perancangan mesin, seorang mahasiswa harus kreatif dan berkualitas dalam menciptakan suatu gagasan baru untuk masyarakat. Khususnya dalam proses produksi yang menggunakan mesin-mesin perkakas. Adanya mesin perkakas produksi pembuatan komponen mesin akan lebih baik lagi bila memiliki ketelitian yang tinggi baik dalam pengerjaan logam disetiap pengerjaan mesin mempunyai persyaratan kualitas permukaan yang berbeda-beda, tergantung dengan *type* baja itu sendiri. Pengaruh pada getaran pahat makan akan mengakibatkan integritas permukaan baja tersebut. Karena semakin besar getaran pahat, maka akan menghasilkan permukaan baja yang kurang baik maka harus diperhatikan apa penyebab terjadinya getaran pahat.

Faktor terjadinya getaran pahat pada pengerjaan logam dalam menggunakan mesin bubut antara lain: kondisi mesin, bentuk ujung pahat, mata potong, kecepatan potong, bahan benda kerja, pendingin, ketebalan permukaan, dan operator. Ada beberapa hal yang dapat dialami oleh pahat proses pemotongan logam salah satu diantaranya adalah aus. Aus terjadi karena adanya perubahan energy mekanik pemotongan menjadi energy panas. Perubahan energy tersebut terjadi akibat gesekan antara pahat dan benda kerja, benda kerja dan geram, serta proses perusakan molekuler (ikatan atom) pada bahan bidang geser (*shear plane*), (Rochim 1993). Gesekan yang dialami pahat oleh permukaan geram yang mengalir dan permukaan benda kerja yang telah terpotong.

Akibat gesekan ini pahat mengalami keausan, keausan pahat ini yang akan semakin membesar sampai batas tertentu sehingga pahat tidak dapat dipergunakan lagi atau pahat telah mengalami kerusakan. Lamanya waktu untuk mencapai batas yang didefinisikan sebagai umur pahat (*tool life*).

#### 1.2 Tujuan Penelitian

Untuk menganalisa keausan pahat karbida H10 N15 terhadap proses pemotongan baja AISI 1045. Menganalisa pengaruh noise yang diakibatkan proses pemotongan terhadap keausan pahat karbida H10 N15. Dan untuk menghindari ketidak beraturan pembahasan. Penulis membatasi kajian pada masalah keausan mata pahat pada baja AISI 1045 yang diakibatkan oleh kebisingan yang dihasilkan oleh mata pahat dan benda kerja pada saat proses pemotongan dengan menggunakan pahat karbida sisip H10 N15.

Prinsip dasar permesinan adalah kemampuan ketangguhan (*toughness*) pahat terhadap benda kerja. Banyak perkembangan pada bahan pahat guna untuk semakin meningkatkan kemampuan pemesinan, dimana geometer dan bahan pahat merupakan hal yang perlu di pertimbangkan dalam proses pengerjaannya atau bias disebutsebut wet machining (Canter 2003) Syarat bahan pahat harus dipenuhi mencakup :

1. Kekerasan terutama pengaruh karena panas tujuan untuk menjaga suhu pemotongan dan mencegah perubahan bentuk plastic (*plastic deformation*).
2. ketangguhannya: harus dapat menahan beban yang tiba-tiba.
3. Rendah sifat adhesi terhadap benda kerja untuk mencegah BUE.
4. Rendah penyerapan (*solubility*) pahat terhadap unsur benda kerja untuk mencegah aus pahat.

5. Tahan aus untuk mendapatkan umur pahat yang panjang.

Kekerasan yang rendah pahat tidak diinginkan karena mata potong akan terdeformasi, timbul keausan tepid an kawah yang besar sedangkan keuletan yang rendah akan mengakibatkan retak mikro. Secara umum klasifikasi pahat dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Baja karbon, dengan maksimal 1,4% C dengan penambahan Mn, W dan Cr 2% Diproleh kekerasan yang tinggi, digunakan pada pemesinan logam lunak.
2. HSS (*high speed steel*) adalah baja paduan tinggi dengan unsur utama Cr dan *Wolfram* diproses dengan penuangan, serta perlakuan panas, sehingga mampu mencapai kecepatan potong yang cukup tinggi.
3. Paduan cor non ferro, terdiri atas 4 macam elemen utama yaitu *Cobalt* sebagai pelarut Cr W membentuk karbida dan C meningkatkan kekerasan dan tahan aus digunakan pada pemesinan kasar dengan beban kejut
4. Karbida, merupakan bahan pahat yang dibuat drngan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (Co). Camrburizing dilakukan masing-masing bahan dasar serbuk Tungsten (*wolfram*) Titanium, Tantalum dibuat menjadi karbida yang kemudian digiling dan disaring.

**2. Tinjauan Pustaka**

**2.1 Baja Karbon**

Baja karbon merupakan material yang telah lama digunakan sebagai material alat potong. Alat potong baja karbon mengandung sekitar 0,8% - 1,3% karbon, sekitar 1% mangan, dan 0,1% - 0,4% silikon. Karena mengandung karbon yang tinggi, material baja karbon untuk alat potong ini dapat dikeraskan melalui perlakuan panas (*heat treatmen*) dan kekerasannya bisa mncapai 62 RC. Tetapi material baja karbon akan mulai melunak pada suhu 180°C. Pahat bubut baja karbon memiliki kecepatan potong yang rendah, yaitu sekitar 5 meter/menit.



Gambar 1. Pahat Bubut Baja

Karena keterbatasannya ini, sekarang material baja karbon sudah jarang digunakan sebagai pahat bubut. Material baja karbon masih banyak digunakan pada alat-alat potong seperti kikir, daun gergaji, pahat tangan, reamer dan lain-lain.

**1.2 Baja Kecepatan Tinggi (HSS)**

Pahat bubut yang terbuat dari baja kecepatan tinggi atau *high speed steel* (HSS) bisa dikatakan sebagai pahat pengganti pahat bubut baja karbon. Pahat bubut HSS memiliki kecepatan potong sekitar 4 kali lebih cepat dibandingkan pahat bubut baja karbon. Unsur-unsur paduan yang umum digunakan untuk membuat material HSS adalah *wolfram/tungsten* (W), *kromium* (Cr), *vanadium* (V), *molibdenum* (Mo), dan *kobalt* (Co). Unsur-unsur paduan ini akan memberikan sifat-sifat tertentu yang diinginkan, seperti meningkatkan sifat kekerasan panas, ketahanan aus dan kekuatan pada HSS. Karakteristik ini memungkinkan HSS memiliki kecepatan Potong yang lebih tinggi dan kinerja yang lebih baik daripada baja karbon. Kecepatan potong pahat bubut HSS berkisar antara 10 - 60 m/menit.



Gambar 2. Pahat Bubut HSS

Ada beberapa jenis baja kecepatan tinggi, antara lain HSS seri-T dan HSS seri-M yang merupakan jenis HSS yang banyak digunakan:

Tabel 1. Komposisi HSS seri-T dan seri-M

Seri	W	Mo	Cr	V	Co	C
T1	10	-	4	1	-	0,70
T4	18	-	4	1	5	0,75
T6	20	-	4	2	12	0,80
M2	6	5	4	2	-	0,80
M4	6	5	4	4	-	1,30
M15	6	3	4	5	5	1,55
M42	1,5	9,5	4	1,1	8	1,08

HSS tungsten (HSS seri-T) dikembangkan terlebih dahulu di mana HSS seri-T ini biasanya mengandung tungsten sekitar 12% - 18% ditambah kromium 4% dan vanadium sekitar 1% - 5%. Kemudian ditemukan bahwa material molibdenum dapat menggantikan sebagian besar tungsten sehingga menghasilkan Jenis HSS seri-M dengan formulasi yang lebih ekonomis yang memiliki ketahanan abrasi yang lebih baik daripada HSS seri-T serta mengalami distorsi yang lebih rendah selama perlakuan panas. HSS seri-M ini mengandung sekitar 1,5% - 10% Tungsten, 5% - 10% molibdenum, 1% - 4% vanadium, 4% - 5% kromium dan kobalt sekitar 5% - 10%.

Beberapa jenis HSS sekarang tersedia dalam bentuk logam serbuk yang dibuat dengan

metode metalurgi serbuk. Perbedaan antara HSS logam serbuk dan HSS konvensional adalah pada metode pembuatannya. Kebanyakan HSS konvensional dibuat dengan metode pengecoran di mana logam cair dituangkan ke dalam cetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Pada pembuatan HSS logam serbuk, pada dasarnya logam yang sama untuk membuat HSS konvensional, disiapkan dalam bentuk serbuk yang sangat halus. Selanjutnya logam serbuk ini dicampur secara seksama, ditekan dalam cetakan di bawah tekanan yang tinggi, kemudian disinter dalam tungku bersuhu tinggi hingga menjadi massa yang menyatu. Beberapa industri juga mengembangkan alat potong HSS yang permukaannya dilapisi dengan material yang tahan panas dan tahan aus, seperti TiC (*titanium carbide*), TiN (*titanium nitride*) dengan proses pengendapan uap kimia (*Chemical Vapour Deposition* atau *CVD*).

### 2.3 Paduan Tuang Non Ferro

Unsur-unsur paduan pada material HSS, seperti kobalt, kromium, dan tungsten dapat memperbaiki sifat-sifat pemotongan sehingga para ahli metalurgi mengembangkan suatu paduan tuang bukan besi (non ferro). Komposisi khas dari paduan tuang ini adalah kobalt 40% - 50%, kromium 27% - 32%, tungsten 14%-29% dan karbon 2%-4%. Tujuannya adalah untuk memperoleh alat potong dengan kekerasan panas yang lebih baik daripada HSS serta memiliki ketahanan aus yang tinggi. Pahat bubut yang terbuat dari paduan tuang non ferro dapat bekerja dengan baik pada pemotongan yang terputus-putus (*interrupted cutting*) dan pemotongan produk-produk coran. Paduan tuang bukan besi memiliki kemampuan melumasi yang baik, tahan korosi serta dapat mencegah pengelasan atau penempelan material benda kerja pada bagian tepi mata pemotong. Secara umum, alat potong dari paduan tuang dapat beroperasi pada kecepatan potong 2 kali atau lebih daripada kecepatan potong HSS. Alat potong dari paduan tuang non ferro ini dibuat dengan cara dicor secara presisi sehingga hanya memerlukan sedikit pemesinan. Paduan tuang bukan besi ini dapat digerinda dengan roda gerinda standar, meskipun prosesnya sedikit lebih lambat.

Dalam proses pembuatan alat potong dari paduan tuang ini, unsur-unsur paduan dilebur dalam suatu tanur listrik, kemudian dituangkan dalam cetakan. Hasil pembekuan yang cepat dari paduan yang dicor menghasilkan material yang memiliki kekerasan yang tinggi dan struktur yang sangat halus. Alat potong yang terbuat dari paduan tuang ditawarkan dalam berbagai nama dagang, seperti *stellite*, *tantung*, *black alloy 525* dan *croballt*.

Pada suhu kamar, paduan tuang non ferro memiliki kekerasan yang kira-kira sama dengan

material HSS, tetapi paduan tuang dapat mempertahankan kekerasan dan ketahanan ausnya pada suhu tinggi.



Gambar 3. Pahat Bubut Paduan Tuang Non Ferro

Ketika menggerinda pahat bubut dari paduan tuang non ferro, harus diperhatikan bahwa pahat paduan tuang jangan dicelupkan dingin (*quenching*) ke dalam air, karena dapat menyebabkan keretakan mikroskopik pada pahat, tetapi harus dibiarkan dingin di udara. Sewaktu membusut menggunakan pahat paduan

Tuang, maka sebaiknya membanjiri mata pemotongnya dengan cairan pendingin secara terus menerus atau sama sekali tidak menggunakan cairan.

Untuk membedakan pahat HSS dan pahat paduan tuang adalah cukup mudah, yaitu dengan menggunakan sebuah magnet. Jika pahat tersebut dapat menempel pada magnet berarti itu pahat HSS, sedangkan jika pahat tidak dapat menempel pada magnet itu berarti pahat paduan tuang, karena material paduan tuang merupakan material non magnetik. Alat potong paduan tuang non ferro sangat cocok untuk memotong material-material seperti baja tahan karat, besi cor,

Baja karbon tinggi dan baja sangat liat. Pahat paduan tuang juga cocok untuk memotong logam-logam non ferro, seperti aluminium, kuningin, titanium dan perunggu.

### 2.4 Karbida

Karbida sementasi (*cemented carbide*) atau sering disebut sebagai karbida saja dibuat dengan metode metalurgi serbuk. Proses pembuatan karbida dilaksanakan dengan proses sintering atau hot isostatic pressing (HIP), di mana partikel-partikel karbida halus digabungkan dengan menggunakan suatu pengikat (*binder*).

Karbida yang pertama dikembangkan adalah tungsten karbida, di mana dalam pembuatannya serbuk tungsten karbida diikat oleh suatu pengikat logam



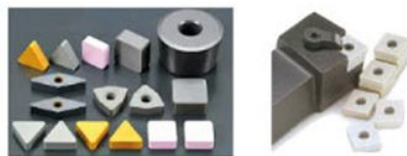
Gambar 4. Pahat Dan Mata Pemotong Sisipan Karbida

Alat potong karbida dapat dibedakan menjadi karbida kelas bukan baja dan karbida kelas baja. Karbida kelas bukan baja harus memiliki sifat lebih tahan terhadap aus abrasif, sedangkan karbida kelas baja harus lebih tahan terhadap keausan kawah (*cratering*) dan lebih tahan panas. Karbida kelas bukan baja digunakan untuk memotong material-material bukan baja terutama besi tuang dan logam non ferro, sedangkan karbida kelas baja digunakan untuk memotong material-material baja. Karbida kelas bukan baja terbuat dari tungsten karbida murni dan kobalt sebagai pengikat. Pada karbida kelas baja, selain tungsten karbida dan kobalt sebagai dasar, juga ditambahkan titanium karbida (TiC) dan tant

## 2.5 Keramik

Alat potong keramik merupakan bahan bukan logam yang keras, dan dapat mempertahankan kekerasannya pada suhu tinggi, ketahanan aus abrasif dan aus kawah yang sangat baik, konduktivitas termal rendah serta memiliki kecepatan potong yang tinggi, yaitu sekitar 150 - 650 m/menit.

Pahat keramik sangat cocok untuk memotong besi tuang, baja yang keras, dan paduan-paduan super. Meskipun alat potong keramik lebih keras daripada alat potong karbida, tetapi alat potong keramik tidaklah efektif sebagai alat potong serba guna. Sifat kegetasannya (*brittle*) yang tinggi merupakan kelemahan terbesar dari alat potong keramik. Oleh karena itu alat potong keramik tidak cocok untuk pemotongan terputus-putus (*interrupted cutting*) dan pemotongan berat. Secara garis besar ada dua jenis material keramik yang digunakan untuk alat potong, yaitu keramik berbasis aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ) dan keramik berbasis silikon nitrida ( $Si_3N_4$ ).



Gambar 4 Mata Pemotong Sisipan Keramik

Mata pemotong keramik silikon nitrida merupakan mata pemotong yang lebih tahan patah oleh kejutan mekanik dan kejutan termal karena memiliki

## 2.6 Mata Pahat

Pada mulanya untuk memotong baja digunakan baja karbon tinggi sebagai bahan perkakas potong dimana kecepatan potong pada waktu itu hanya boleh mencapai sekitar 10m/menit. Berkat kemajuan teknologi, kecepatan potong ini dapat dinaikan dengan menggunakan pahat potong

karbida.

*Sound Level Meter* memiliki standarisasi internasional dengan standar EC 61672:2003. Ada beberapa faktor yang menjadi pengaruh dalam pengukuran menggunakan sound level meter ini hal tersebut membuat gelombang

Suara yang terukur bisa jadi tidak sama dengan nilai intensitas gelombang suara sebenarnya. faktor tersebut sebagai berikut:

## 2.7 Pemilihan Bahan Baja AISI 1045

Baja didefinisikan sebagai paduan baja antara besi (Fe) dan karbon, dengan kandungan karbon tidak lebih dari 1,7%. Baja karbon yang memiliki satu atau lebih unsur paduan disebut baja paduan (*alloy steel*) unsur paduan utama adalah: Chromium (Cr), Nikel (Ni), Vanadium (V), Molibdenum (Mo), dan Tungsten (W), unsur-unsur paduan ini berpengaruh terhadap sifat mekanik sifat baja.

Baja adalah paduan ferro-karbon dengan kadar karbon tidak lebih dari 2%, apabila kandungan karbonnya lebih dari 2 % disebut sebagai besi tuang (*cast iron*). Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,43 -0,50 dan termasuk golongan baja karbon menengah.

## 2.8 Proses Bubut

Membubut merupakan salah satu operasi pemrosesan yang paling umum dan banyak ditemui pada industri pemotongan logam, proses ini mampu menghasilkan komponen yang memiliki bentuk yang kompleks, dan akurasi geometri dan dimensi tinggi. Pada proses bubut ini benda kerja yang di cekam pada chuck berotasi pada sumbu, sedangkan pahat sebagai alat potong bergerak translasi menyayat benda kerja sepanjang sumbu benda kerja atau terhadap diameternya. Meskipun definisinya sederhana, tetapi proses pemotongan.

Kecepatan potong adalah panjang ukuran lilitan pahat terhadap benda kerja atau dapat juga disamakan dengan panjang total yang terpotong dalam ukuran meter yang 14 diperkirakan apabila benda kerja berputar selama satu menit.

Kecepatan gerak pemakanan adalah kecepatan yang dibutuhkan pahat untuk bergeser menyayat benda kerja tiap radian per menit. Kecepatan tersebut dihitung tiap menit. Untuk menghitung kecepatan gerak pemakanan didasarkan pada gerak makan ( $f$ ).

Gerak makan ini biasanya disediakan dalam daftar spesifikasi yang dicantumkan pada mesin bubut bersangkutan. Untuk memperoleh kecepatan gerak

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1 Bahan dan Alat

Material benda uji yang digunakan adalah bahan baja AISI 1045 yang biasa digunakan pada proses pembubutan.

Batang baja AISI 1045 yang digunakan untuk 8 percobaan dengan ukuran panjang: 300 mm dan diameter: 80 mm



Gambar 5. Material Benda Uji

Alat yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut :

1. Pahat Potong
2. Pemegang Pahat (*Tool Holder*)
3. Mesin Bubut
4. Sound Level Meter
5. Mistar Sorong
6. USB Digital Microscope
7. Thermocopel Tipe K Flantron
8. Alkohol
9. Stopwatch

**3.2 Pengumpulan Data**

Adapun pengumpulan data sebagai berikut :

Tabel 2. Kondisi Pemotongan

No	P (mm)	V (m/min)	F (mm/rev)	N (mm)	Dbc	Tc (min/s)	Vb
1	12	75	0,15	2,5			
2	12	75	0,15	2,5			
3	10	75	0,15	2,5			
4	10	75	0,15	2,5			

Tabel 3. Kondisi Pemotongan Minimum

No	P (mm)	V (m/min)	F (mm/rev)	N (mm)	Dbc	tc (min/s)	Vb
1	12	55	0,15	2,5			
2	12	55	0,15	2,5			
3	10	55	0,15	2,5			
4	10	55	0,15	2,5			

**4. Hasil Dan Pembahasan**

**4.1 Hasil Pengujian**

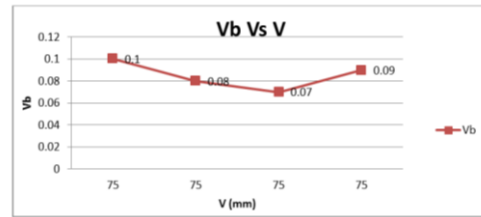
Adapun pengumpulan data sebagai berikut :

Tabel 4. Kondisi Pemotongan Maksimum

No	P (mm)	V (m/min)	F (mm/rev)	N (mm)	Dbc	Tc (min/s)	Vb
1	12	75	0,15	2,5	94,8	1:30	0,10
2	12	75	0,15	2,5	93,5	1:30	0,08
3	10	75	0,15	2,5	89,4	1:27	0,07
4	10	75	0,15	2,5	89,5	1:28	0,09

**4.2 Pembahasan**

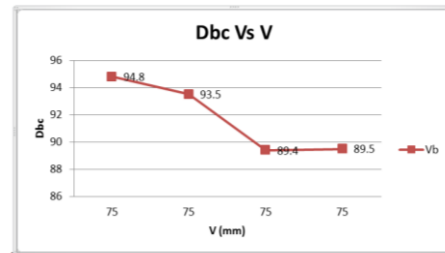
**4.2.1 Keausan Maksimum**



Gambar 6. Grafik keausan Maksimum

Dari grafik di atas bahwasanya nilai dari kecepatan potong di kecepatan 75 keausanya yang paling tinggi adalah di titik 0.1 dan yang paling terendah ialah di titik 0.7

**4.2.2 Noise**

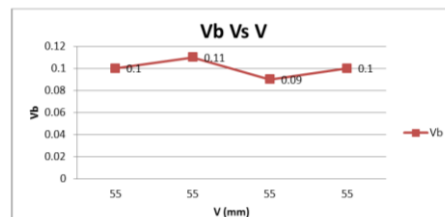


Gambar 7. Grafik Noise Maksimum

Dari grafik di atas bahwasanya nilai dari kecepatan potong di kecepatan 75 kebisingan yang paling tinggi adalah di titik 94,8 dan yang paling terendah adalah di titik 89,4

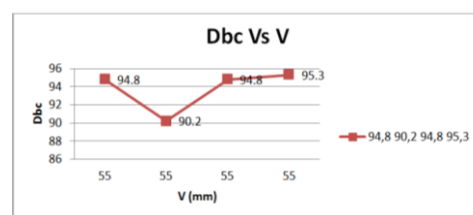
Tabel 5. Kondisi Pemotongan Minimum

No	P (mm)	V (m/min)	F (mm/rev)	A (mm)	Dbc	Tc (min/s)	Vb
1	12	55	0,15	2,5	94,8	1:43	0,10
2	12	55	0,15	2,5	90,2	1:40	0,11
3	10	55	0,15	2,5	94,8	1:31	0,09
4	10	55	0,15	2,5	95,3	1:27	0,10



Gambar 8. Grafik Keausan Minimum

Dari grafik di atas bahwasanya nilai dari kecepatan potong di kecepatan 55 keausanya yang paling tertinggi ialah di titik 0.11 dan paling terendah ialah di titik 0.9



Gambar 9. Grafik Noise Minimum

Dari grafik di atas bahwasanya nilai kecepatan potong di kecepatan 55 kebisingan yang paling tertinggi ialah di titik 0.95,3 dan paling terendah ialah di titik 90,2

### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data tentang karakteristik keausan pahat H10 N15 pada pemotongan baja AISI 1045 akibat pengaruh noise dapat di simpulkan

1. Standar keausan pada pemotongan adalah 0.3  
Pada pemotongan Max nilai Vb terbaik adalah sebesar 0.07 sedangkan nilai rata –rata Dbc Pada pemotongan Max sebesar 82,5
2. Pada pemotongan Min nilai Vb terbaik adalah sebesar 0.09 sedangkan nilai Dbc pada pemotongan Min sebesar 90,2 pada analisa data di dapati nilai keausan (Vb) pada pemotongan Max 0.07sedangkan nilai (Vb) pada pemotongan Min 0.09

### Daftar Pustaka

- [1] Black. H. Paul, 1986, "*Machine Design*", Mc Graw Hill Kegluska. B edition. Tokyo.
- [2] Charmical Collins, 1950, "*Mechanical Enginering Hand Book*", Printed in Singapore. Second edition.
- [3] Hollowen Hall, 1987, "*Machine Design*", Mc Graw Hill Book Company.
- [4] Jack Stolk, Ir. C. Kros 1986, "*Elemen Mesin, Konstruksi Bangunan Mesin* ", Erlangga, Jakarta, edisi 4.
- [5] Mr. Chakra Bakti, 1975, "*Machine Design*", Khana Publisher, New Delhi. Thirth edition.
- [6] Sport. MF, 1968, "*Design Of Machine Elemen*", Printice , Hall India. Fifth edition.
- [7] Sularso, Kiyokatsu Suga, 1.985 "*Dasar Perencanaan Elemen Mesin* ", Edisi II., Penerbit,Pradya Paramitha, Jakarta.