

**OPTIMALISASI MATA BOR HSS COBALT DENGAN MENGGUNAKAN METODE
RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL)
STUDI KASUS PT. DIRGANTARA INDONESIA**

Angga Dipraja¹, Erlian Supriyanto, ST., MT ², Drs Endang Kadar., MT ³
Email: erlian386@gmail.com

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio Bandung

ABSTRAK

Penelitian ini membahas mengenai studi tentang Proses Pengeboran pada Pengerjaan Komponen *Sub Assy Skin Upper* Super Puma MK II. PT. Dirgantara Indonesia adalah satu industri pesawat terbang yang pertama dan satu-satunya di Indonesia dan di wilayah asia tenggara. PT Dirgantara Indonesia Merupakan salah satu perusahaan penerbangan di Asia yang berpengalaman dan berkompetensi dalam rancang bangun, pengembangan dan *manufacturing* pesawat terbang. Tujuan yang ingin dicapai dari pembahasan tersebut adalah meneliti pengaruh besar Sudut Mata bor dan Kecepatan Putaran bor terhadap hasil pengeboran yang optimal dan menentukan kondisi pengeboran. Metode yang akan digunakan adalah Perancangan Eksperimen Percobaan Faktorial dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Eksperimen ini dilakukan pada material Titanium dengan menggunakan Mata bor Cobalt HSS (*High Speed Steel*). Data hasil eksperimen menggunakan tiga taraf yaitu sudut 90° , 118° dan 135° . Data hasil Dari ketiga percobaan tersebut dengan menggunakan hand drill 400, 1000, 1600 rpm Jadi semakin kecil sudut mata bor yang digunakan maka kecepatan putaran semakin lambat, dan semakin besar sudut mata bor yang digunakan maka kecepatan putaran semakin cepat untuk menghasilkan pengeboran yang optimal.

Kata kunci : Optimalisasi , Ral , Mata bor

ABSTRACT

This Final Project discusses the study of Drilling Process in the Work of Sub Super Assy Skin Components of Upper Super Puma MK II. PT. Dirgantara Indonesia is the first and only aircraft industry in Indonesia and in the Southeast Asia region. PT Dirgantara Indonesia is one of the airlines in Asia that is experienced and competent in the design, development and manufacturing of aircraft. The aim to be achieved from the discussion is to examine the influence of the angle of the drill bit and the speed of the drill round on the optimal drilling results and determine the drilling conditions. The method to be used is the Factorial Experimental Experiment Design with Completely Randomized Design (CRD). This experiment was carried out on Titanium material using Cobalt HSS Drill (*High Speed Steel*). The experimental data uses three levels, namely 90° , 118° and 135° . Result data From these three experiments using hand drill 400, 1000, 1600 rpm So the smaller the angle of the drill bit is used the rotation speed is slower, and the larger the angle of the drill bit is used the faster the rotational speed to produce optimal drilling.

Keywords: Optimization, Ral, Drill Bits

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini PT DI bekerja sama dengan SUPER PUMA MK II dimana rangka pesawat seperti *tailboom*, *upper structure*, *lower structure* dan *fuselage* yang dibuat dari PT. DI dan dikirim ke Prancis untuk pemasangan keseluruhan pesawat. Dalam pengerjaan *part* bagian SUPER PUMA MK II, dimana PT. DI harus mengirim 125 rangka pesawat dalam 10 tahun, PT DI sering mengalami keterlambatan pengiriman akibat faktor *pending part*, *rejection tag*, dan *tool*. Yang mengakibatkan PT. DI terkena pinalti dan mengurangi *profit* perusahaan. Disini saya membahas keterlambatan karena faktor *tool* dimana saat proses pengeboran *skin upper* berbahan titanium selalu mengalami kesulitan ketika mengebor karena bahan titanium ini sangat keras sehingga proses pengerjaan sangat lama, sedangkan proses pengeboran dilakukan dengan memakai *hand drill*.

Dalam proses pengerjaan ini harus menggunakan mata bor khusus yaitu cobalt

dan tidak bisa pakai mata bor sembarangan, dalam menggunakan mata bor cobalt saat ini masih sering timbul masalah mata bor sering tumpul dan menyebabkan patah saat pengeboran. Dan disana tidak ada mesin asah yang otomatis membuat besar sudut mata bor kembali seperti baru sehingga ketika mata bor yang tumpul mata bor sudah tidak bisa digunakan lagi dan menyebabkan pemborosan penggunaan mata bor. Permasalahan diatas timbul dikarenakan posisi pengeboran yang tidak lurus (miring) dan kecepatan putaran bor yang terlalu cepat sehingga saat proses pengeboran mata bor cepat panas dan mudah

patah. karena itu pada penelitian ini, kenaikan kekasaran hasil pengeboran akan dijadikan suatu kriteria saat habisnya mata bor.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana pengaruh besar sudut mata bor terhadap hasil pengeboran yang optimal ?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan putaran (rpm) terhadap hasil pengeboran yang optimal ?

Pembahasan masalah diatas akan dilakukan melalui penelitian dengan judul “**OPTIMALISASI MATA BOR HSS COBALT DENGAN MENGGUNAKAN METODE RANCANGAN ACAK LENGKAP (RAL) STUDI KASUS PT. DIRGANTARA INDONESIA**”.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Meneliti pengaruh besar sudut mata bor terhadap hasil pengeboran yang optimal ?
2. Meneliti pengaruh kecepatan putaran (rpm) terhadap hasil pengeboran yang optimal ?

1.4 LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di bagian *upper* Super Puma MK2 PT. Dirgantara Indonesia.

2. LANDASAN TEORI

Dalam bab ini penulis menguraikan beberapa referensi atau landasan teori yang akan penulis gunakan dalam penelitian ini. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah Studi tentang Pengaruh besar Sudut Mata Bor dengan Kecepatan Putaran terhadap hasil pengeboran yang optimal pada Perakitan *Skin Upper* Super Puma MK II guna mendapatkan kondisi pengeboran ekonomis .

2.1. PENGEBORAN

Bor adalah alat yang digunakan untuk membuat lubang. Untuk memasang semua tipe *rivet* pada struktur pesawat terbang haruslah dipersiapkan lubang *rivet* dengan cara proses pengeboran.

2.2. TOOLS MATA BOR

Perhatikanlah penggunaan *Tools* mata bor yang baik. Ada beberapa macam *Tools* mata bor yang dipergunakan dalam perakitan pesawat terbang yaitu

2.2.2. Electric Drill Motor

Penggunaan *Electric Drill Motor* didasarkan atas :

- a. Tersedianya aliran listrik *workshop*
- b. Biaya yang relatif lebih murah bila dibandingkan dengan penggunaan *Pneumatic Drill Motor*.

2.2.3. Pneumatic or Air Drill Motor

Penggunaan *Drill Motor* didasarkan atas pertimbangan :

- a. Tersedianya udara kompresor di *work shop*
- b. Mempunyai berat yang lebih ringan bila dibandingkan dengan *Electric Drill Motor*
- c. Mempunyai "Speed Control" yang baik
- d. Tidak menimbulkan panas yang berlebihan bila banyak digunakan.
- e. Tersedia dalam bermacam-macam bentuk yang memungkinkan untuk digunakan adalah model *Pistol Grip*.

Kecepatan *Drill* dikontrol dengan kecepatan tertentu maka dapat dipergunakan regulator yang dipasang antara saluran udara dan *Pneumatic Drill Motor*.



Gambar 2.3 *Electric Drill Motor*



Gambar 2.4

Pneumatic or Air Drill Motor
Macam – macam kecepatan (Rpm) *Drill gun Pneumatic*:

1. *Drill gun* 400 Rpm
Drill gun 400 Rpm adalah *Drill gun* dengan kecepatan maksimal mencapai 400 Rpm.



Gambar 2.5 *Drill Gun 400 Rpm*

2. *Drill gun* 1000 Rpm
Drill gun 1000 Rpm adalah *Drill gun* dengan kecepatan maksimal mencapai 1000 Rpm.



Gambar 2.6 *Drill Gun 1000 Rpm*

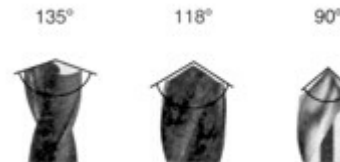
3. *Drill Gun* 1600 Rpm
Drill gun 1600 Rpm adalah *Drill gun* dengan kecepatan maksimal mencapai 1600 Rpm.



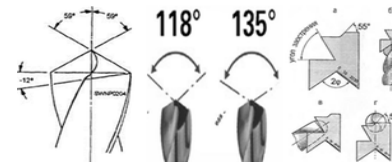
Gambar 2.7 Drill Gun 1600 Rpm



Gambar 2.12 Ukuran Mata Bor Cobalt



Gambar 2.13 Sudut Alur



Gambar 2.14 Sudut Mata Bor Cobalt

2.3. POSISI PENGEBORAN

Proses pengeboran haruslah dilaksanakan dalam posisi tegak lurus pada permukaan komponen. Posisi tegak lurus sewaktu proses pengeboran adalah merupakan faktor yang penting sekali dalam proses *riveting* dan mempengaruhi kualitas *riveting*.

- Bor Hss Cobalt
Bor Hss Cobalt adalah mata bor berbahan dasar logam campuran antara *High Speed Steel* dengan Cobalt. Mata bor ini lebih tahan lama dan sesuai untuk pengerjaan material *stainless steel*.

Bagian-bagian pokok bor Cobalt :

- TANGKAI : Bentuknya ada 2 macam yaitu silindris dan tirus bor yang berbingkai silindris pemasangannya pada penjepit bor sedangkan bor yang bertangkai tirus dipasang pada mesin bor yang berlubang tirus.
- BADAN : Panjangnya diukur dari batas tangkai sampai ujung bor.
- ALUR : Alur memberi bentuk dasar mata pemotong/bibir bor
- UJUNG : Ujung terdiri dari sepasang bibir pemotong dan mata pemotong pada kedua bibir pemotong inilah yang diasah.
- PISAU : Bagian ini terdapat bagian kecil yang terdapat pada sepanjang alur, dan menentukan ukuran bor.

Ukuran – ukuran Mata Bor Cobalt dari diameter 1,5 mm – diameter 10 mm seperti gambar dibawah ini

2.5. PERUMUSAN EKSPERIMEN

Kegiatan ini dibagi dalam empat langkah, yaitu :

1. Perumusan masalah
2. Pemilihan variabel tak bebas (*dependent variabel*)
3. Pemilihan level dari variabel bebas
4. Pemilihan level dari faktor yang diselidiki

2.6. PERENCANAAN

Perencanaan meliputi 4 langkah kegiatan yaitu :

1. Menentukan jumlah replikasi
2. Menentukan cara randomisasi
3. Memilih desain eksperimen yang sesuai
4. Menentukan model matematik yang digunakan

2.7. PEMILIHAN PERANCANGAN EKSPERIMEN

Pada dasarnya pemilihan rancangan eksperimen yang akan digunakan disesuaikan dengan

permasalahan yang dihadapi dengan cara perandoman yang hendak digunakan

Dibawah ini adalah jenis perancangan eksperimen , yang akan digunakan.

2.7.1. Percobaan faktor Dengan rancangan Dasar RAL.

RAL adalah jenis rancangan percobaan yang paling sederhana dan paling mudah dibanding dengan jenis rancangan percobaan yang lain dan percobaan yang digunakan harus homogen atau tidak mempengaruhi faktor lain. faktorial dengan rancangan dasar RAL tidak lain adalah menggunakan RAL sebagai rancangan

3.1. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah meneliti pengaruh besar sudut mata bor terhadap hasil pengeboran yang optimal dan meneliti kecepatan putaran terhadap hasil pengeboran yang optimal. Permasalahan ini yang akan dibahas diketahui dengan jelas. Hal ini diperlukan agar hasil akhir dari penelitian ini dapat dipergunakan untuk memecahkan permasalahan yang dibahas tersebut. Tujuan penelitian dari penelitian ini ditetapkan pada BAB I.

3.2. STUDI PENDAHULUAN

Seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa obyek dan proses pengerjaan yang diteliti dalam penelitian ini adalah Proses Pengeboran *Part* Titanium pada *Skin Upper Super Puma MK II*.

Proses pengeboran part titanium dengan mata bor (*Hight Speed Steel*) umum nya dibagi dalam 4 tahap :

1. *Marking* (menggambarkan *part* yang akan dilubangi)
2. Pengeboran awal
3. Pengeboran akhir (menghilangkan *cheap* yang tersisa dari hasil pengeboran).
4. *Deburing*

percobaannya, sedangkan faktor yang dicobakan lebih dari satu yaitu percobaan faktorial atau percobaan berfaktor.

3. USULAN PEMECAHAN MASALAH

Pada Bab ini akan diuraikan langkah-langkah penelitian yang diharapkan mudah dipahami dalam memecahkan permasalahan yang dibahas yang sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan pada BAB I. Secara sistematis usulan langkah penelitian yang akan dilakukan diberikan pada gambar 3.1.

Jika ditinjau dari bagian *part* pesawat maka proses pengeboran dibagi dalam beberapa bagian yaitu :

1. Pengeboran dengan posisi rata .
2. Pengeboran dengan posisi miring
3. pengeboran dengan posisi kontur.

Setiap pengeboran *part* pesawat yang akan di *assembly* selalu diawali dengan proses marking untuk menentukan posisi lubang kemudian dilanjutkan dengan proses pengeboran awal, pengeboran akhir dan terakhir proses *deburing* .

Pada pengerjaan dengan proses pengeboran *Skin Upper Super Puma MK II* pada saat proses pengeboran sebagian besar mata bor tidak berhasil menghasilkan permukaan lubang dengan *cheap* yang kasar, terutama mata bor berdiameter 2,5 milimeter, karena mata bor tersebut sering mengalami patah atau terbakar akibat proses pengeboran yang terlalu cepat putaran bor dan posisi pengeboran yang miring, sehingga bahan yang dibor menghasilkan permukaan lubang *cheap* yang kasar dan tidak bagus untuk lubang buat *riveting*.

Dengan alasan sering terjadinya patah atau terbakarnya mata bor berdiameter 2,5 mm pada proses pengeboran akhir. Maka eksperimen untuk meneliti pengaruh besar sudut

mata bor dan kecepatan putaran terhadap hasil pengeboran yang optimal, yang akan dilakukan pada pengeboran *Skin Upper Super Puma MK II*.

3.3. STUDI PUSTAKA

Berdasarkan permasalahan yang diteliti serta sebagai penunjang penelitian, maka akan diuraikan teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Tujuan dari uraian teori ini adalah untuk memberikan landasan pemikiran yang logis baik dalam mendefinisikan masalah maupun dalam penerapan teori untuk mencapai tujuan penelitian.

3.4. PERENCANAAN EKSPERIMEN

Dalam tesis ini akan dilakukan eksperimen untuk meneliti pengaruh faktor-faktor yang mempengaruhi umur mata bor tidak faktor diteliti melainkan akan dipilih beberapa faktor saja yang sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

Untuk keperluan eksperimen tersebut akan dilakukan perencanaan eksperimen dengan langkah- langkah sebagai berikut :

1. Identifikasi variabel penelitian.
2. Penentuan jumlah level dan nilai level faktor.
3. Penelitian jumlah replikasi observasi.
4. Memilih *design* yang sesuai .
5. Model matematika yang digunakan.
6. Randomisasi dan urutan eksperimen

3.5. PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data untuk penyelesaian persoalan akan dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu :

3.5.1. PENGUMPULAN DATA PROSES PENGEBORAN

Pada bagian ini akan dikumpulkan data teknis yang digunakan saat ini dalam proses

pengerjaan *Marking* Komponen *Skin Upper Super Puma MK II* .

3.5.2. PENGUMPULAN DATA HASIL EKSPERIMEN

Pada bagian ini akan dilakukan kegiatan pelaksanaan eksperimen sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dan pengumpulan data hasil eksperimen. Data yang telah terkumpul disajikan dalam bentuk *lay out* yang telah ditetapkan.

3.6. PENGOLAHAN DATA

Pada proses pengolahan data ini akan dilakukan analisis terhadap data hasil eksperimen dan perhitungan untuk memecahkan masalah dengan urutan sebagai berikut:

1. Menganalisa hasil eksperimen dengan Uji Wilayah Berganda *Duncan*, untuk mengetahui nyata tidaknya pengaruh dari perbedaan terhadap hasil pengeboran yang optimal.
2. Melakukan prosedur perbandingan untuk mengetahui perlakuan mana saja yang memberikan pengaruh yang berbeda.

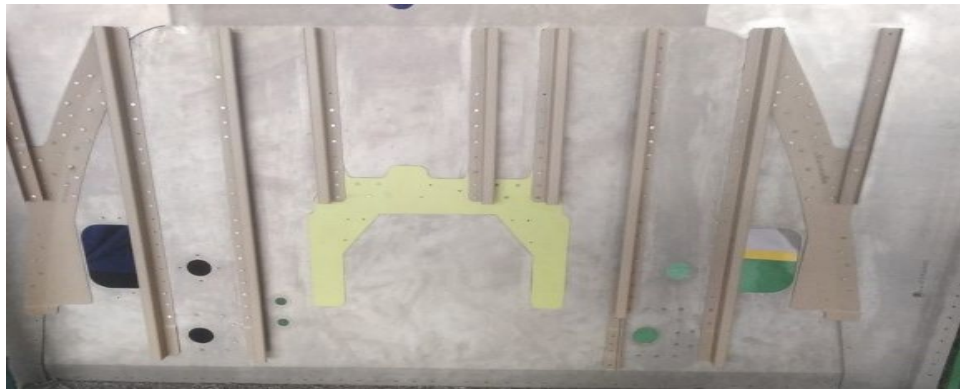
4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4. 1. PENGUMPULAN DATA

4.1.1 Data proses pengeboran

Benda yang digunakan pada benda Titanium dalam pengerjaan komponen pesawat SUPER PUMA MK II adalah sebagai berikut :

- Diameter mata bor = 2,5 mm
- Sudut mata bor = 90 ° , 118° , 135°
- Kecepatan putaran = 400 Rpm, 1000 Rpm, 1600 Rpm
- Skin upper




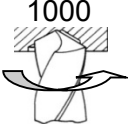
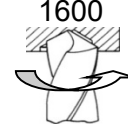
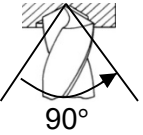
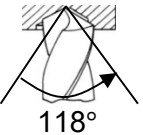
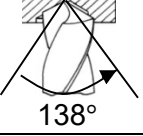
Gambar 4.1 Skin Upper

4.1.2 Data Hasil Pengeboran

Eksperimen untuk menyelidiki hasil maksimal pengeboran akan dipengaruhi oleh putaran *drill gun* dan sudut dan sudut mata bor yang

dipergunakan. Eksperimen dilakukan selama 40 hari kerja. Pelaksanaan eksperimen setiap kombinasi diurutkan berdasarkan pada hasil random.

Tabel 4.1 Jumlah hasil pengeboran maksimum

| Besarnya sudut Mata bor (x) | Kecepatan Putaran Rpm (Z) | | | TOTAL | Ilustrasi |
|-----------------------------|--|---|---|-------|---|
| | 400  | 1000  | 1600  | | |
| X ₁ (90°) | 155 180 74 130 | 82 70 58 20 | 75 40 80 34 | |  90° |
| Sub Total rata – rata | 539 134.75 | 230 57.50 | 229 57.25 | 998 | |
| X ₂ (118°) | 159 188 126 150 | 70 58 25 45 | 106 122 115 136 | |  118° |
| Sub Total rata-rata | 623 155.75 | 198 49.5 | 479 119.75 | 1300 | |
| X ₃ (135°) | 168 110 138 160 | 82 104 96 60 | 150 120 174 139 | |  138° |
| Sub Total rata-rata | 576 144 | 342 85.5 | 583 145.75 | 1501 | |
| Total | 1738 | 770 | 1291 | | |

Keterangan :
 $Z_1 = 400 \text{ Rpm}$ $X_1 = 90^\circ$
 $Z_2 = 1000 \text{ Rpm}$ $X_2 = 118^\circ$
 $Z_3 = 1600 \text{ Rpm}$ $X_3 = 135^\circ$

Asumsi bahwa hanya terdapat 3 besar sudut mata bor pada kecepatan putaran Bor tangan (*Drill Gun*) yang dicobakan , percobaan ini adalah faktor 3 x 3.

4.2 MODEL

Model linier untuk percobaan ini adalah

$Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \Sigma_{ijk}$
 $l = 1. 2. 3$ (sudut mata bor)
 $j = 1. 2. 3$ (kecepatan putaran)
 $k = 1. 2. 3. 4$ (mata bor)
 Y_{ijk} = hasil pengeboran maksimum dari mata bor ke- k Yang dibentuk sudut mata bor ke- i dan dipergunakan pada kecepatan putaran ke- j
 u = nilai rata- rata hasil pengeboran sesungguhnya.
 α_i = pengaruh aditif dari sudut mata bor ke- i
 β_j = pengaruh aditif dari kecepatan putaran ke- j
 $(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi dari jenis sudut mata bor ke i pada kecepatan ke- j
 Σ_{ijk} = pengaruh galat percobaan dari pengeboran ke- k yang menggunakan mata bor ke- i dan di putar Pada kecepatan ke- j

4.3 ASUMSI

- a. Komponen – komponen $u, \alpha_i, \beta_j, (\alpha\beta)_{ij}$, dan Σ_{ijk} bersifat aditif.
- b. pengaruh jenis sudut mata bor , kecepatan putaran dan interaksi antara jenis sudut mata bor dan kecepatan putaran bersifat tetap.
 $\Sigma \alpha_i = \Sigma \beta_j = \Sigma (\alpha\beta) = \Sigma (\alpha\beta)_{ij} = 0$
- c. Galat percobaan timbul secara acak , menyebar secara bebas dan

normal dengan nilai tengah sama dengan nol.

4.4 HIPOTESIS

- a. $H_0 : (\alpha\beta)_{ij} = 0$, tidak ada pengaruh interaksi antar sudut mata bor dan kecepatan putaran.
 $H_1 =$ minimal ada satu $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$, ada pengaruh interaksi antara sudut mata bor dan kecepatan putaran terhadap hasil pengeboran.
- b. $H_0 : \alpha_i = 0$, yang berarti tidak ada perbedaan pengeboran diantara jenis sudut mata bor yang digunakan tidak mempengaruhi hasil pengeboran.
 $H_1 =$ minimal ada satu $\alpha_i \neq 0$, minimal ada satu cara pengeboran yang digunakan yang mempengaruhi respon hasil pengeboran sehingga nilai rata-ratanya tidak sama dengan jenis sudut mata bor yang lain.
- c. $H_0 : \beta_j = 0$, yang berarti tidak ada perbedaan respon hasil pengeboran diantara kecepatan putaran yang dicobakan tidak mempengaruhi hasil pengeboran.
 $H_1 =$ minimal ada satu $\beta_j \neq 0$, minimal ada satu

yang dicobakan yang mempengaruhi hasil pengeboran nilai rata-ratanya tidak sama dengan kondisi temperatur yang lain.

5. ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

5.1. Analisa Pengaruh besar Sudut Mata Bor Terhadap Hasil Pengeboran Yang Optimal

5.1.1. Faktor besar Sudut Mata Bor (X)

pada eksperimen yang telah dilakukan besar sudut mata bor divariasikan menjadi tiga taraf yaitu : 90° , 118° dan 135° . Berdasarkan hasil analisa ragam dengan tingkat ketelitian $\alpha = 0,05$ dapat diketahui bahwa ketiga taraf tersebut mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap hasil pengeboran. Hal ini berakibat gaya potong mata bor terhadap kecepatan putaran (Rpm) tidak sesuai, sehingga menyebabkan mata bor cepat patah dan memperpendek umur mata bor.

5.1.2. Pengaruh Faktor besar sudut mata bor pada kecepatan putaran 400 Rpm

Hasil dari pengujian ini bagi pengambilan keputusan adalah untuk *Drill Gun* dengan kecepatan putaran 400 Rpm, dapat digunakan jenis besar sudut mata bor 118° , 135° (X_2, X_3) karena dalam proses pengeboran yang telah diujikan memberikan pengaruh yang sama (tidak berbeda nyata) terhadap hasil pengeboran bersudut 118° dan 135° oleh sebab itu jika tersedia mata bor X_2 dan X_3 maka kita bisa memakai salah satu dari mata bor yang tersedia.

5.1.3. Pengaruh Faktor besar Sudut Mata Bor Pada Kecepatan 1000 Rpm

Jika digunakan pada kecepatan 1000 Rpm, maka sudut mata bor yang bisa kita gunakan 135° (X_3) karena dapat menghasilkan pengeboran yang

optimal jika dibandingkan dengan besar sudut mata bor 90° (X_1) dan 118° (X_2).

5.1.4. Pengaruh faktor besar sudut mata bor pada kecepatan 1600 Rpm

Implikasi dari pengujian ini adalah pada kecepatan putaran 1600 Rpm dapat digunakan jenis besar sudut mata bor 135° (X_3) dalam proses pengeboran, karena memberikan hasil pengeboran yang lebih baik dan menghasilkan pengeboran yang optimal.

5.2 Analisa Pengaruh Kecepatan Putaran (z) Terhadap Hasil Pengeboran Yang Optimal

Dengan diketahuinya Hasil Pengeboran pada setiap kondisi pengeboran maka dalam menentukan waktu pengeboran yang diperlukan untuk pengeboran material titanium, pengaruh faktor kecepatan putaran terhadap besar sudut mata bor sangat menentukan terhadap hasil pengeboran yang optimal. **5.2.1 Pengaruh faktor kecepatan putaran (z) untuk besar sudut mata bor 90° (X_1)**

Dari hasil percobaan kita bisa mengambil kesimpulan bahwa hasil yang terbaik adalah kecepatan putaran 400 rpm

(Z1) karena menghasilkan pengeboran yang lebih tinggi umur mata bor. bor yang diujikan, jika dibandingkan dengan *hand drill* dengan kecepatan putaran 1000 rpm dan 1600 rpm (Z_2 dan Z_3).

Pengaruh faktor kecepatan putaran (z) untuk besar sudut mata bor 118° (X_2)

Pada percobaan ini maka dapat disimpulkan, jika kita memiliki mata bor dengan besar sudut 118° (X_2) maka bisa digunakan *hand drill* dengan kecepatan putaran 400 rpm (Z_1) memberikan hasil yang lebih baik dari kecepatan putaran 1600 rpm (Z_3) atau 1000 rpm (Z_2).

5.2.3. Pengaruh faktor kecepatan putaran (Z) untuk besar sudut mata bor 135° (X₃)

Apabila mata bor dengan besar sudut 135° (X₃) maka bisa kita gunakan *hand drill* dengan kecepatan putaran 400 rpm (Z₁) dan 1600 rpm (Z₃), karena keduanya memberikan hasil pengeboran yang lebih banyak.

Pada saat ini penggantian mata bor dilakukan apabila proses pengeboran mata bor tersebut telah tumpul dan proses pengeboran akan dilanjutkan dengan menggunakan mata bor yang berbeda. Apabila mata bor tumpul sebelum proses pengeboran berakhir, penggantian mata bor dilakukan secara konvensional. Jika kondisi tersebut tidak terkontrol oleh operator maka mata bor yang tumpul tersebut dipaksakan terus mengebor maka menyebabkan mata bor patah saat pengeboran berlangsung.

Sebagai pemecahan masalah diatas, diusulkan untuk menerapkan metode baru dalam proses pengeboran yaitu menetapkan saat pergantian mata bor secara terukur tidak melebihi umur mata bor.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

1. Jika kita menggunakan *hand drill* dengan kecepatan 400 Rpm maka kita gunakan besar sudut mata bor 118° karena menghasilkan pengeboran dengan jumlah rata-rata yang paling banyak.
2. Jika kita menggunakan *hand drill* dengan kecepatan 1000 Rpm maka kita gunakan besar sudut mata bor 135° karena menghasilkan pengeboran dengan jumlah rata-rata yang paling banyak.
3. Jika kita menggunakan *hand drill* dengan kecepatan 1600 Rpm maka kita gunakan besar sudut

mata bor 135° karena menghasilkan pengeboran dengan jumlah rata-rata yang paling banyak.

4. Dari ketiga percobaan tersebut dengan menggunakan *hand drill* 400,1000,1600 rpm dengan besar sudut mata bor 90°, 118° dan 135° yang memberikan hasil pengeboran yang baik dengan jumlah rata-rata pengeboran paling banyak adalah mata bor yang dipakai dengan sudut 118° dengan *hand drill* kecepatan putaran 400 rpm.
5. Semakin kecil besar sudut mata bor yang digunakan maka kecepatan putaran pun semakin rendah agar hasil pengeboran yang optimal.
6. Semakin tinggi besar sudut mata bor yang digunakan maka kecepatan putaran pun semakin cepat agar hasil pengeboran yang optimal.

6.2 SARAN

Setelah mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan, saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Jika menghadapi pekerjaan yang menggunakan bahan Titanium maka diwajibkan kita menggunakan mata bor hss cobalt.
- gunakan *hand drill* dengan kecepatan 400 Rpm dengan menggunakan besar sudut mata bor 118° karena percobaan ini yang menghasilkan rata-rata pengeboran lebih banyak supaya mempercepat kerjaan.
- Pengeboran harus tegak lurus supaya mata bor tidak gampang patah dan hasil lubang pengeboran bagus.
- Agar disediakan mesin grinda otomatis pembuat besar sudut mata bor agar ketika bor tumpul

- masih bisa digunakan dan tidak boros pemakain mata bor.
- jangan melebihi jumlah lubang rata-rata 155 lubang karena kalau dipaksakan hasil pengeboran tidak bagus dan mata bor akan tumpul dan cepat patah ,
 - siapkan juga pendingin mata bor karena gesekan mata bor dengan benda titanium menimbulkan mata bor cepat panas.

DAFTAR PUSTAKA

Mukmin, Amril. 2011. *Menyelesaikan Rancangan Acak Lengkap.* Jakarta: 2011.

Sugiono.2010. *Statistika Untuk Peneletian.*Penerbit Alfabeta. Bandung: 2010

Salamah,

M.,Susilaningrum, D.2009. *Modul Pengantar metode statistika.*Surabaya: ITS

Surianti, k. 2017. *RALF (Rancangan Acak Lengkap Faktorial).* Surabaya: 2017

Fenoria putri, ST.MT. *Teknologi Mekanik II, Palembang, 2013.*

Sudjana, 2009. *Metode Statistika,* Bandung: Tarsito

Erection Fitter. Tehnologi Umum tentang pembuatan Assembly Pemasangan Pada Pesawat Terbang, Helikopter , Diklat PT. Dirgantara Indonesia 2011