

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Syach dkk., (2022) melakukan penelitian dengan judul Optimasi parameter untuk kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja ST 37 dengan menggunakan metode taguchi dimana tujuan penelitiannya untuk mengetahui parameter yang mempengaruhi kekasaran permukaan hasil pembubutan dan parameter-parameter yang optimal pada proses pembubutan agar memperoleh kekasaran yang optimal. Parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu kecepatan spindle, gerakan pemakanan, kedalaman potong, pendingin oli, gerakan eretan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode taguchi. Hasil yang didapatkan gerakan pemakanan memegang peranan penting dalam proses pembubutan, dimana gerakan pemakanan memiliki persentase tertinggi paling berpengaruh dari parameter lainnya. Kemudian yang kedua didapatkan gerakan pemakanan otomatis menghasilkan nilai kekasaran yang lebih rendah dibandingkan eretan manual, dan variasi kecepatan putaran spindle semakin tinggi dan gerakan pemakanan semakin rendah diperoleh nilai kekasaran permukaan yang rendah begitupun sebaliknya akan menghasilkan kekasaran yang tinggi. Parameter yang optimal didapatkan kecepatan spindle 345 rpm, gerakan pemakanan 0,051 mm/rad, kedalaman potong 1 mm, pendinginan udara bebas, dan gerakan pemakanan otomatis.

Yufrizal dkk., (2019) melakukan penelitian yang berjudul pengaruh sudut potong dan kecepatan putaran spindle terhadap kekasaran permukaan pada proses bubut *mild steel* ST 37. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui sudut potong dan kecepatan putaran terhadap kekasaran permukaan proses bubut baja ST 37. Parameter yang digunakan sudut potong, kecepatan spindle, kedalaman pemakanan dan pendingin. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Dimana diperoleh hasil dari penelitian ini proses bubut rata dengan nilai $\sum Rap$ nilai terbaik untuk kekasaran permukaan halus dicapai dengan sudut potong 80° dan kecepatan spindle 740 rpm dengan $(\sum Rap) = 5,76 \mu m$ atau pada kelas kekasaran N9 sedangkan nilai $\sum Rap$ harga kekasaran permukaan yang besar didapat pada sudut potong 80° dan kecepatan spindle 440 rpm $(\sum Rap) = 11,47 \mu m$ atau pada kelas kekasaran N10.

Irvan dkk., (2018) melakukan penelitian dengan judul pengaruh metode penyayatan laju tinggi dan sudut buang pahat terhadap kekasaran permukaan hasil bubut rata menggunakan pahat HSS pada bahan *bronze*. Dimana yang menjadi tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pahat HSS dengan variasi sudut buang pahat dan benda kerja terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan. Parameter yang digunakan kecepatan spindle, sudut buang HSS, gerak makan. Dimana hasil yang didapatkan variasi parameter pembubutan terbaik pada kecepatan putaran spindle 1250 rpm, gerak makan 0,050 mm/rad, dan sudut buang pahat 3° menghasilkan kekasaran permukaan senilai $0,59 \mu m$ atau pada kelas N6.

Abimayu & Nurdin, (2019) penelitian ini berjudul pengaruh gerak makan dan kecepatan putaran *spindle* terhadap tingkat kekasaran permukaan aluminium pada proses pembubutan menggunakan mesin bubut konvensional. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari variasi gerakan pemakanan dan kecepatan putaran spindle. Dimana variasi gerakan pemakanan yang digunakan 0,07 mm/r, 0,14 mm/r, 0,28 mm/r dan variasi kecepatan putaran spindle 740 rpm, 900 rpm, 1230 rpm. Hasil yang diperoleh variasi Gerakan pemakanan 0,07 mm/r dan kecepatan putaran spindle 740 rpm didapatkan tingkat nilai kekasaran terendah

yaitu 1,40 μm . Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan semakin kecil Gerakan pemakanan dan semakin kecil kecepatan putaran spindel maka semakin kecil juga kekasaran permukaan yang akan dihasilkan.

2.2 Mesin Perkakas

Mesin perkakas adalah suatu media pada bidang teknik pemesinan yang memiliki fungsi untuk memotong perangkat pengolahan atau benda kerja. Selain itu, mesin perkakas juga memiliki definisi yang lain yaitu suatu mesin atau alat dimana energi putar yang diberikan oleh dinamo dimanfaatkan untuk memotong material ke dalam ukuran dan bentuk produk yang dibutuhkan atau diinginkan (Zunaedi & Prapanca, 2014). Mesin perkakas sendiri mempunyai tuntutan dimensi produknya harus dalam keadaan akurasi. Oleh sebab itu, struktur mesin perkakas dirancang tidak hanya didasarkan aspek kekuatan, namun juga pada aspek kekakuan. Bentuk umumnya sendiri menggunakan lintasan lurus yang terbuat dari material baja khusus yang dikeraskan yang berguna mengurangi keausan yang pasti terjadi. Akibat dari standar desain seperti itu, struktur mesin perkakas menyanggah faktor keamanan yang sangat besar sehingga sangat kokoh dan berat (Andika & Widyanto, 2015).

2.3 Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan salah satu dari beberapa jenis mesin perkakas seperti frais, sekrap, mesin CNC dan lainnya. Penggunaan mesin bubut sendiri untuk memotong, pembuatan ulir benda kerja yang prosesnya disayat menggunakan pahat yang bergerak secara lurus dan setara dengan sumbu dari benda kerja yang berotasi. Gerak potong relatif adalah sebutan dari gerak putar dari benda kerja dan gerak makan (*feeding*) adalah dari pahat. Hanya ada beberapa kecepatan putaran pada mesin bubut konvensional dikarenakan keterbatasan skala yang harus disesuaikan (Sutrisna dkk., 2017).



Gambar 2.1 Mesin Bubut Konvensional
Sumber : (Hindom dkk., 2015)

2.3.1 Unit-Unit Dari Mesin Bubut

Setiap unit pada mesin bubut memiliki fungsinya masing-masing yaitu sebagai berikut:

1. *Headstock* atau kepala tetap, transmisi gerak yang mengatur rotasi atau putaran yang dibutuhkan pada proses pembubutan terletak di sini.
2. *Tailstock* atau kepala lepas sebagai penyangga benda kerja yang bersebrangan dengan *chuck*. Selain itu, biasanya kepala lepas ini juga berguna untuk penempatan mata bor guna pembuatan lubang pada benda kerja.

3. *Lead crew* adalah poros lurus berulir tempatnya agak di bawah sebaris pada bangku, panjangnya mulai ekor tetap hingga kepala tetap. Terhubung pada roda gigi di kepala tetap dan rotasinya bisa di balik. *Lead crew* bisa dilepas jika tidak di gunakan dan digunakan sebagai ulir pengarah untuk pembuatan ulir saja.
4. *Feedrod* posisinya di bawah *lead crew* memiliki fungsi menyalurkan tenaga dari kotak pengubah cepat untuk menggerakkan proses apron dalam arah memanjang atau melintang.
5. *Carriage* atau eretan adalah penahan dan pembawa pahat bubut. *Carriage* sendiri terbagi menjadi eretan lintang dan eretan campuran yang berfungsi mengatur posisi dan gerak pahat. Bahan dari eretan harus kuat karena menyangga dan mengarahkan pahat pemotong.
6. *Toolpost* atau rumah pahat adalah tempat pahat bubut dengan menggunakan pencekam pahat (Ratlalan, 2019).

2.4 Proses Bubut

Proses bubut pada dunia industri manufaktur adalah suatu proses dalam pemotongan logam. Pada proses operasi pemotongan logam lebih kurang 80% menggunakan proses bubut (Prasetyo, 2015). Bubut memiliki prinsip kerja yaitu benda kerja yang di jepit pada *chuck* akan berputar dan akan di potong atau di sayat menggunakan mata pisau yang terpasang pada *toolpost*. Hasil dari pembubutan yang baik dilihat dari ukurannya yang presisi, kekasaran permukaannya memiliki nilai yang kecil dan memiliki karakteristik bentuk yang baik (Siswanto & Sunyoto, 2018). Dari proses pembubutan terhadap benda kerja agar menghasilkan produksi yang maksimal, maka dibutuhkan pemilihan seting parameter-parameter atau variabel yang tepat (Apreza dkk., 2017). Kecepatan spindel, kedalaman potong dan gerakan pemakanan merupakan parameter-parameter yang bisa diatur langsung oleh seorang operator karena dapat mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses pembubutan (Syach dkk., 2022).

2.4.1 Parameter Pada Mesin Bubut

Adapun parameter pemotongan yang dapat di atur dimesin bubut sebagai berikut:

1. Kecepatan putaran spindel (Rpm)

Kecepatan putaran spindel adalah kapasitas dari kecepatan rotasi mesin bubut untuk melakukan penyayatan atau pemotongan dalam *revolution per minute* (rpm) atau satuan putaran per menit. Oleh karena itu, untuk mendapatkan seberapa besar putaran per menitnya sangat dipengaruhi oleh keliling benda kerja dan seberapa besar kecepatan potong. Tetapi per jenis benda atau bahan sudah ditetapkan secara permanen untuk nilai kecepatan potongnya, oleh karena itu putaran mesin atau benda kerjanya adalah yang dapat diatur dalam penyayatan. Adapun persamaan untuk menjumlahkan putaran mesin bubut sebagai berikut:

$$Cs = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

Cs : Kecepatan potong (mm/min)

d : Diameter benda kerja (mm)

π : Nilai konstanta = 3,14 atau 22/7

n : Kecepatan putar (rpm)

Nilai dari perhitungan di atas pilihannya menyesuaikan nilai paling dekat pada rotasi mesin yang terpapar di tabel yang terlampir pada mesin. Tabel yang telah di tentukan berdasarkan

perhitungan empiris juga dapat dijadikan acuan untuk menentukan besaran putaran mesin bubut.

2. Gerakan pemakanan

Gerakan pemakanan adalah penggerak titik potong mata pahat per satu putaran benda kerja.

$$V_f = F \times n \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

v_f = Laju Pemakanan (mm/rad)

F = Gerakan pemakanan (mm)

n = Kecepatan Putar (rpm)

3. Kedalaman Potong (*Depth Of Cut*)

Dalam pemotongan adalah proses mata pahat masuk kedalam benda kerja sesuai kedalaman yang ditentukan.

$$A = \frac{D_o - D_m}{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

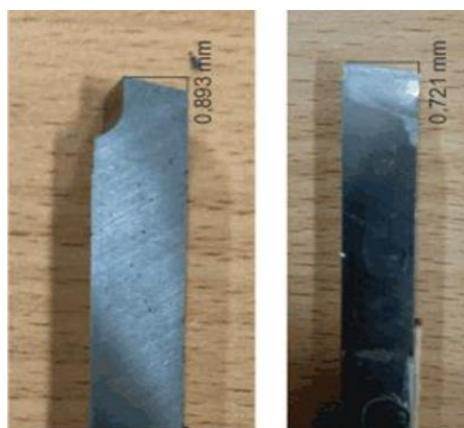
a = Kedalaman Potong (mm)

D_o = Diameter Lingkaran Awal (mm)

D_m = Diameter Lingkaran Akhir (mm)

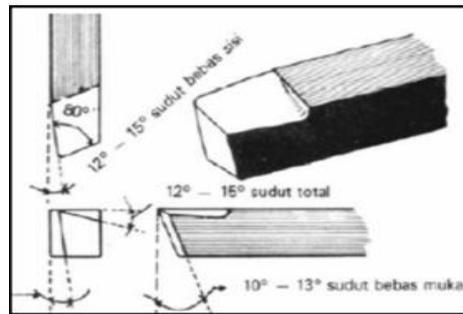
2.4.2 Pahat *High Speed Steel* (HSS)

Pada tahun 1900 pahat *High Speed Steel* (HSS) ditemukan oleh FW. Taylor dan Maunsel White. Pada tahun 1997 HSS di sempurnakan oleh Amstead dengan menambahkan 18% tungsten dan 5,5% *chromium* ke dalam baja paduan. Campuran dari HSS biasanya paduan besi dengan *tungsten*, karbon, *molybdenum*, *vanadium* dan *kromium* yang kadang ditambah *cobalt*. Kategori HSS sendiri sebagai HSS Spesial dan HSS konvensional. Untuk HSS Spesial terdiri dari *High vanadium HSS*, *High Hardness Co HSS*, *Cast HSS*, *Powder HSS*, *Coated HSS* dan *cobalt Added HSS*. Sedangkan untuk HSS konvensional terdiri dari *Tungsten HSS* dan *Molybdenum HSS*. Untuk HSS konvensional standar AISInya adalah M1, M2, M7, M10, T1 dan T2 (Rahmat & Haripriadi, 2019).



Gambar 2.2 Pahat HSS
Sumber : (Widiyawati dkk., 2020)

Pada mata pahat terdapat sudut-sudut yang disebut sudut utama pahat (*basic tool angle*) dan geometri pahat (*tool geometry*) sebagai komposisinya. Sudut-sudut utama memiliki susunan dan jari-jari mata potong (*nose radius*) dikatakan tanda pahat (*tool signature*) (Yufrizal dkk., 2019).



Gambar 2.3 Sudut Mata Pahat
Sumber : (Yufrizal dkk., 2019)

2.5 Baja ST 37

Baja ST 37 adalah jenis baja yang banyak digunakan untuk pembuatan tangki, baja batangan, pesawat angkat, perkapalan, Menara dan dalam permesinan seperti poros, roda gigi dan baut. Penjelasan secara umum tentang baja ST 37 adalah jenis baja karbon rendah. Pengelompokan baja karbon sendiri berdasarkan kadar karbonnya, jika kadar karbonnya kurang dari 0,30% maka disebut baja karbon rendah. Oleh karena itu baja karbon rendah dikatakan pada baja ST 37 karena kadar karbonnya radiks 0,30% dan memiliki kekuatan tarik hingga 370 N/mm³(Maulana, 2016). Unsur-unsur kimia yang terkandung di dalam baja ST 37 sendiri ada Karbon (C)= 0,15%, Silikon (Si)= 0,01%, Mangan (Mn)= 0,6%, Sulfur (S)= 0,0011% dan Fosfor (P)= 0,050%. Penggunaan baja ST 37 banyak digunakan pada konstruksi umum karena memiliki sifat mampu las dan kepekaan terhadap retaklas. Baja ST 37 memiliki kekuatan tarik sekitar 37 kg/mm² sampai dengan 45 kg/mm² dan kekerasan permukaan ± 170 HB. Kekerasan sendiri merupakan sifat ketangguhan atau ketahanan bahan terhadap perubahan plastis akibat pembebanan sekitar pada permukaan bahan berbentuk goresan atau penekanan (Siddiq dkk., 2019).



Gambar 2.4 Baja ST 37
Sumber : (Syach dkk., 2022)

2.6 Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan karakteristik yang ideal dari suatu bahan atau komponen hasil pemesinan. Parameter pemotongan, geometri dan sudut mata pahat adalah salah satu faktor penyebab kekasaran permukaan. Hasil pemesinan pada kekasaran permukaan sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil suatu produk. Karena permukaan setiap benda kerja

mempunyai nilai berbeda-beda dalam kekasaran permukaan benda kerja yang dipengaruhi oleh kebutuhan pada dunia industri. Salah satu pertimbangan penentuan kualitas produk logam adalah dengan menguji nilai kekasaran yang terjadi pada logam. Perbandingan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses manufaktur, dimana proses *turning* dikatakan baik dengan rentang nilai kekasaran 0,5-6 μm (Budi & Dwipayana, 2020).

Tabel 2.1 Nilai Kekasaran Permukaan Hasil Dari Berbagai Proses Manufaktur

<i>Process</i>	<i>Typical Surface Finish</i>	<i>Range of Raughness (μm)</i>
<i>Die Casting</i>	<i>Good</i>	1-2
<i>Investment Casting</i>	<i>Good</i>	1,5-3
<i>Sand Casting</i>	<i>Poor</i>	12-25
<i>Cold Rolling</i>	<i>Good</i>	1-3
<i>Sheet Metal Draw</i>	<i>Good</i>	1-3
<i>Cold Extrusion</i>	<i>Good</i>	1-3
<i>Hot Rolling</i>	<i>Poor</i>	12-25
<i>Boring</i>	<i>Good</i>	0.5-6
<i>Drilling</i>	<i>Medium</i>	1.5-6
<i>Milling</i>	<i>Good</i>	1-6
<i>Turning</i>	<i>Good</i>	0,5-6
<i>Grinding</i>	<i>Very Good</i>	0,1-2
<i>Honing</i>	<i>Very Good</i>	0,1-1
<i>Lapping</i>	<i>Excellent</i>	0.05-0.5
<i>Polishing</i>	<i>Excellent</i>	0.1-0.5
<i>Superfinishing</i>	<i>Excellent</i>	0.02-0.3
<i>Chemical Milling</i>	<i>Medium</i>	1.5-15
<i>Electric Discharge</i>	<i>Good</i>	0.2-2
<i>Electon Beam</i>	<i>Medium</i>	1.5-15
<i>Laser Beam</i>	<i>Good</i>	1.5-15

Sumber : (Karmin dkk., 2013)

2.7 Metode Taguchi

Metode Taguchi adalah ide dari gagasan Dr. Genichi Taguchi mengenai *quality engineering* sudah di di gunakan dalam jangka Panjang dijepang. Ide beliau tentang desain eksperimen sudah di perkenalkan di dunia barat sejak tahun 1980-an. Merancang kualitas ke dalam setiap produk dan proses yang sesuai adalah sasaran *quality engineering*. Metode Taguchi adalah perbaikan kualitas melalui percobaan “baru”, artinya membuat penghampiran atau pendekatan lain yang memberikan tajuk kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). Metode *off-line* Taguchi sangat efektif dalam meningkatkan kualitas dan mengurangi biaya. Taguchi mengusulkan rekayasa kualitas untuk tujuan memastikan bahwa kinerja produk atau prosesnya tidak terpengaruh atau tahan terhadap faktor yang sulit dikendalikan. Taguchi memperkenalkan metode desain terintegrasi yang disebut metode Taguchi tiga langkah yaitu sebagai berikut:

1. Perancangan Sistem (*System Design*)

Perancangan sistem adalah suatu konsep, ide, metode baru bertujuan untuk memberikan peningkatan produk atau hasil terbaik kepada konsumen.

2. Perancangan Parameter (*Parameter Design*)

Perancangan parameter adalah upaya untuk meningkatkan produk atau mencegah variabilitas yang tinggi. Pada perancangan parameter penentuan parameter dari proses ditetapkan supaya performansi produk tidak berubah terhadap penyebab perubahan atau variabilitas.

3. Perancangan Toleransi (*Tolerance Design*)

Perancangan toleransi adalah bentuk peningkatan kualitas dengan memperkuat toleransi pada parameter produk atau proses. Perancangan toleransi dengan melakukan eksperimen untuk mengetahui faktor dominan yang mempengaruhi peningkatan kualitas barang atau produk dan menentukan faktor penyebab variabilitas (Wuryandari dkk., 2009).

Taguchi menciptakan ukuran kinerja baru untuk kriteria pemilihan desain yang kuat dengan melakukan analisis komparatif varians menggunakan rasio F untuk kriteria pengujian hipotesis. Pembagian karakteristik kualitas pada metode taguchi menjadi 3 kriteria, yaitu:

1. Nominal Terbaik

Suatu produk dikatakan baik jika pada karakteristik kualitas tertentu telah ditentukan nilai dan mendekati nilai target. Untuk memperoleh nilai S/N untuk nominal terbaik adalah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S/N_T = 10 \log \left(\frac{y^2}{s^2} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

2. Lebih besar lebih baik

Suatu produk dikatakan berkualitas baik jika memiliki nilai lebih tinggi pada karakteristik kualitas tertentu. Untuk memperoleh S/N spesifikasi *large the better* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$S/N_L = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots \dots \dots (2.5)$$

3. Lebih kecil lebih baik

Suatu produk juga bisa di katakana berkualitas baik jika pada beberapa karakteristik kualitas memiliki nilai lebih rendah. Untuk mendapatkan nilai S/N *smaller the better* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Asfar dkk., 2018).

$$S/N_L = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

2.8 Orthogonal Array

Orthogonal array adalah salah satu dari kelompok tes dimana hanya yang menggunakan sebagian kecil dari jumlah kondisi, dimana bagian itu bisa menjadi setengah, seperempat atau seperdelapan dari uji faktorial penuh. *Orthogonal array* merupakan desain percobaan atau eksperimen khusus yang merupakan desain faktorial. *Orthogonal* berarti bahwa pengaruh dari setiap faktor dihitung secara matematis diperkirakan secara dari pengaruh faktor lainnya. Tabel matrik *orthogonal* terdiri dari kolom dan baris di mana nomor baris menentukan banyaknya percobaan yang dilakukan sedangkan kolom nomor menentukan banyaknya faktor yang akan diamati. Penomoran *orthogonal array* dapat dilihat sebagai berikut (Asfar dkk., 2018).

$$L_a(b^c) \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

- L = Rancangan Bujur Sangkar
- a = Banyaknya Eksperimen
- b = Banyaknya Level
- c = Banyaknya Faktor.

2.9 ANOVA

ANOVA atau *Analysis of Variance* dan biasa juga disebut analisis ragam, ANOVA adalah metode menguraikan keragaman keseluruhan menjadi komponen yang mengukur sumber keragaman yang berbeda. ANOVA pada metode taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data eksperimen. Analisis ragam adalah Teknik komputasi yang memungkinkan perkiraan kuantitatif kontribusi setiap faktor untuk semua ukuran respon. Analisis ragam yang digunakan dalam desain parameter berguna dalam membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi sehingga akurasi estimasi model dapat ditentukan. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan ANOVA sebagai berikut (Asfar dkk., 2018).

1. Jumlah Kuadrat Total adalah ukuran penyimpangan dari data uji dari rata-rata tingkat data.

$$SS_T = \sum_{i=1}^n y_i^2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

- SS_T = Total Kuadrat Total
- n = Total Percobaan
- y = Data yang di peroleh

2. Total Kuadrat Faktor A dan Faktor B

$$SSA = \left(\sum_{i=1}^{KA} \left(\frac{y_i^2}{n_{Ai}} \right) \right) - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$SSB = \left(\sum_{i=1}^{KB} \left(\frac{y_i^2}{n_{Bi}} \right) \right) - \frac{T^2}{N} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

- SSA = Total Kuadrat Faktor A
- SSB = Total Kuadrat Faktor B
- A_i = Level 1 Variabel A
- B_i = Level 1 Variabel B
- N_{a1} = Total Percobaan Level ke 1 Faktor A
- N_{a1} = Total Percobaan Level ke 1 Faktor B
- T = Total Nilai Rasio S/N
- N = Total Percobaan

3. Total Interaksi AxB

$$SS_{AxB} = \frac{[Total AxB1]^2}{n_1} + \frac{[Total AxB2]^2}{n_2} - \frac{[Total AxB1]^2}{n_1 + n_2} \dots\dots\dots(2.11)$$

4. Jumlah Kuadrat *Error*

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AxB} + SS_e \dots\dots\dots(2.12)$$

$$SS_e = SS_T + SS_A - SS_B - SS_{AxB} \dots\dots\dots(2.13)$$

5. Derajat Kebebasan

$$Db = n r - 1 \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

Db = Derajat Kebebasan
n = Banyaknya Percobaan
r = Banyaknya Ulangan.