

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka berisikan uraian mengenai informasi hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan dan relevan dengan penelitian yang akan dilakukan saat ini. Penelitian-penelitian terdahulu dianggap dapat dijadikan sebagai acuan penelitian yang akan dikerjakan agar bisa menyempurnakan atau mengembangkan penelitian yang terdahulu.

##### 2.1.1. Penelitian Pendahulu

Rodrigues dkk (2018) membahas bagaimana optimasi *laser cutting* dilakukan pada proses pemotongan *metal sheet*. Fokus dari optimasi yang dilakukan adalah pada pengaturan parameter fokus lensa. Dari penelitian ini juga membahas bahwa pada *fiber laser cutting* memiliki kondisi pemotongan lebih baik dibandingkan dengan *laser cutting* CO2 ketika memotong material *sheet metal* yang memiliki ketebalan di atas 8 mm. Analisa dari optimasi sinar *laser cutting* pada jurnal ini menggunakan metode pemodelan sistem. Penelitian optimasi pada sinar *laser cutting* ini menghasilkan *output* bahwa pada dunia industri masih kurang implementasi.

Phophoung dan Tangwarodomnukun (2016) menyebutkan bagaimana melakukan optimasi *laser cutting* untuk mencapai hasil pemotongan dari produk gelas kaca yang optimal. Kondisi optimal yang ingin dicapai yaitu berupa hasil produk tidak terdapat *chip* pada sisi pemotongan setelah melalui proses pemotongan *laser cutting*. Proses pemotongan kaca dengan material silica ini dilakukan menggunakan *laser cutting* CO2. Penelitian ini membahas 3 fokus parameter yaitu *Laser Power*, *Cutting Duration*, dan *Rotation speed*. Dari ketiga parameter ini dilakukan pengujian hipotesis menggunakan *Anova* sehingga menghasilkan *ouput* penelitian batasan batasan untuk solusi optimasi.

Badoniya (2018) membahas secara detail mengenai apa itu *laser cutting* dan bagaimana cara kerja dari *laser cutting* CO2. Penulis mengulas bahwa *laser cutting* pada umumnya tidak hanya pada berfokus pada material logam saja, namun juga bisa diaplikasikan pada material seperti kayu, plastik, komposit, ceramic, dan kaca. Namun pada pengaturan parameter *laser cutting* juga mempertimbangkan jenis material yang digunakan, sehingga pengaturan parameter yang optimal memiliki berbagai variasi berdasarkan jenis material yang

digunakan. Jurnal ini membahas secara umum detail dari parameter-parameter yang perlu diperhatikan sebelum melakukan penelitian lebih lanjut, seperti *DOE*.

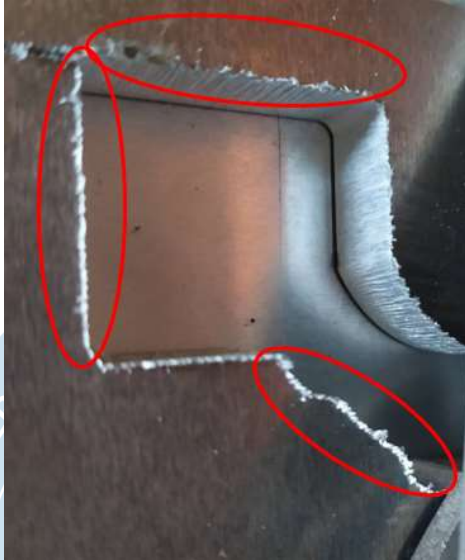
Parthiban dkk (2017) membahas mengenai optimasi dari *laser cutting* CO2 pada *stainless steel sheet*. Penelitian ini menguji dimensi *kerf*, *laser power*, *cutting speed*, *gas pressure* dan *pulse frequency* menggunakan metode *Taguchi*. Acuan optimasi yang akan dilakukan adalah pada besarnya penyimpangan yang ada pada *top kerf* dan *bottom kerf* dari hasil pemotongan radius. Penentuan Penulis melakukan pengujian pada mesin Amada dan membuat pengujian validitas data yang diperoleh dengan metode statistik ANOVA. Kemudian dari data yang telah diperoleh kemudian direpresentasikan sehingga menghasilkan *surface graph*. Dengan adanya *surface graph* dapat disimpulkan fungsi yang berkaitan dengan *kerf dimensions* dan *Surface roughness*. Kemudian optimasi dilakukan dengan menggunakan *Genetic algorithm*.

Ghany dan Newishy (2005) membahas mengenai *laser cutting* CO2 pada material *stainless steel sheet*. Investigasi penelitian menggunakan *Design of Experiment* dimana optimasi dilakukan pada kondisi yang sudah ditentukan batasan-batasannya, dengan menggunakan variasi *cutting speed*. Dari hasil permesinan yang dilakukan menghasilkan hasil bentuk kerf yang berbeda-beda. Seperti pada umumnya hasil dari *laser cutting* adalah *dross free* (tidak memiliki *chip* yang timbul akibat lelehan material). Selain itu nilai Ra hasil potongan *sample* juga diukur dan dianalisa. Dari aspek-aspek kualitas yang diukur kemudian digabungkan dan menghasilkan rasio antara *heat* dan *kerf width*. Sehingga memunculkan grafik perubahan suhu yang sesuai untuk proses pemotongan material. Dengan mengetahui suhu pemotongan dapat ditentukannya parameter permesinan yang optimal untuk proses pemotongan.

### **2.1.2. Penelitian yang Sekarang**

Penelitian terdahulu (Badoniya, 2018; Ghany dan Newishy, 2005; Parthiban dkk, 2017; Phophoung dan Tangwarodomnukun, 2016; Rodrigues dkk, 2018) fokus membahas mengenai optimasi pada mesin *laser cutting* yang dapat digunakan sebagai petunjuk melakukan penelitian yang sekarang, sehingga dapat digunakan untuk memunculkan pengembangan pada *laser cutting*. Pada PT. ADE belum pernah dilakukan penelitian untuk melakukan optimasi parameter permesinan yang mampu mengurangi terjadinya *defect* karena pemilihan parameter *machining* selama ini masih bersifat *trial and error*. Bentuk *defect* yang ditemui peneliti adalah

permukaan material yang menghasilkan *chip* pada sisi bawah plat (Gambar 2.1). Material hasil pemrosesan menghasilkan *chip* pada sisi bawah plat seperti Gambar 2.1 diakibatkan dari pemilihan parameter pemotongan yang digunakan berdasarkan *trial* dan *error*, sehingga parameter yang digunakan oleh *engineer* PT. ADE menjadi kurang optimal.



**Gambar 2.1. Dross pada material**

Salah satu tolok ukur kualitas hasil pemrosesan optimal pada mesin *laser cutting* berbasis gas yang perlu dipertimbangkan adalah *surface roughness* Partiban, dkk. (2017). Namun beberapa peneliti sebelumnya (Ghany dan Newishy (2005); Parthiban dkk (2017); Phophoung dan Tangwarodomnukun (2016)) yang juga menggunakan teknik optimasi parameter pemrosesan pada *laser cutting* masih belum ada (mengabaikan) yang memasukkan aspek kualitas permukaan hasil pemrosesan. Aspek inilah yang kemudian menjadi celah baru bagi peneliti untuk melakukan penelitian di PT. ADE sehingga penggunaan *trial & error* pada pemilihan parameter pemrosesan di mesin *laser cutting* dirubah dengan metode *Desain of Experiment (DOE)* berbasis *Taguchi* dan *Response Surface*.

Penelitian saat ini membahas mengenai optimasi parameter pemrosesan *TruLaser 3030 I20* menggunakan metode *Taguchi* dan *Response Surface*. Adapun faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas hasil pemrosesan dalam penelitian ini diuji menggunakan metode *Taguchi*. Eksperimen yang dilakukan oleh peneliti dalam penelitian ini adalah untuk melihat dan untuk membandingkan hasil dari *laser cutting* sebelum dan sesudah dilakukan penelitian untuk memperoleh nilai

*error absolute* dan persentase berkurangnya *defect* yang terjadi selama ini. Nantinya, *output* penelitian ini diharapkan mampu untuk memberikan solusi optimal bagi *engineer* PT. ADE dalam melakukan penentuan optimasi parameter pemesinan yang optimal pada mesin *CNC laser cutting TruLaser 3030 I20* sehingga mampu mendapatkan hasil optimal dalam upaya perbaikan kualitas pemotongan *sheet metal* pada produk.

## 2.2. Dasar Teori

Pada bab ini juga memuat landasan teori berupa rangkuman teori-teori yang diambil dari pustaka yang ada untuk mendukung penelitian, serta memuat penjelasan tentang konsep dan prinsip dasar yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang ada.

### 2.2.1. Mesin *CNC laser cutting TruLaser 3030 I20*

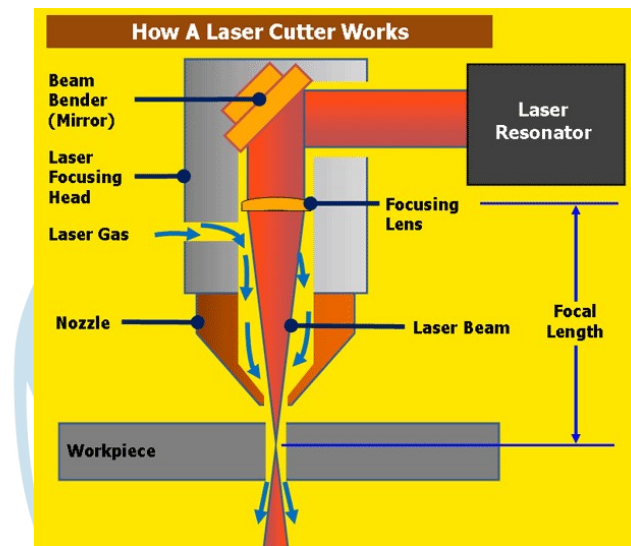
Mesin *TruLaser 3030 I20 (CNC laser cutting)* merupakan mesin laser yang menggunakan gas  $O^2$  atau nitrogen untuk melakukan pemotongan pada material logam. Penggunaan gas ini berfungsi sebagai komposisi pemotongan, gas  $O^2$  digunakan pada pemotongan baja dan gas nitrogen digunakan untuk memotong *stainless steel* dan *aluminium*. Kekuatan maksimal dari daya laser yang mampu dihasilkan adalah 3200 watt. Luas dari area kerja yang dimiliki adalah 3000 x 1500mm. Gambar 2.2 merupakan mesin *CNC laser cutting* yang akan digunakan pada penelitian.



**Gambar 2.2. *TruLaser 3030 I20***

(Sumber: [exapro.com](http://exapro.com), 2020)

Mesin *TruLaser 3030 I20* bekerja dengan cara mengarahkan *output* dari generator yang menghasilkan daya laser tinggi berupa sinar laser, kemudian dipantulkan oleh cermin-cermin hingga ke bagian *head* lalu dibiaskan oleh lensa agar mencapai fokus tertentu untuk mampu melakukan pemotongan material dengan bantuan gas. Pada sinar laser yang ditembakkan pada material menyebabkan material meleleh, terbakar, menguap, dan menghasilkan garitan yang berkualitas dari hasil proses pemotongan (Samarya, 2013). Proses pemotongan digambarkan melalui skema pemotongan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3. Skema Pemotongan Material Pada Laser Cutting**

(Sumber: esabna.com, 2020)

### **2.2.2. Computer Aided Design dan Computer Aided Manufacturing**

*Computer Aided Design* (CAD) merupakan *software* yang digunakan untuk mendesain kontur dari suatu produk. Berbagai macamnya kompleksitas kontur yang terdapat pada lingkup *CNC* menyebabkan CAD diperlukan sebagai sarana untuk melakukan *input* pada *software Computer Aided Manufacturing* (CAM). Hasil konversi dari kontur oleh CAM menghasilkan G code yang dapat diproses oleh suatu mesin *CNC*, sehingga mesin *CNC* dapat melakukan pemotongan yang kompleks sesuai dengan desain yang dibuat (Prianto dan Eng, 2017).

### **2.2.3. Material Pada Mesin CNC Laser Cutting**

Material yang sering digunakan pada PT. ATMI Duta Engineering Surakarta adalah berupa lembaran *sheet metal*. Pada *sheet metal* terdapat 2 klasifikasi

berdasarkan proses pembuatannya, berikut adalah penjelasan mengenai 2 klasifikasi dari material uji yang akan diteliti:

a. *Steel Plate Cold Rolled Coiled (SPCC)*

SPCC merupakan sheet metal dengan permukaan pelat berwarna putih yang disebabkan oleh proses produksinya, yaitu plat digulung pada kondisi setelah didinginkan dengan tujuan untuk memperoleh ketebalan dan lebar dari sheet metal yang presisi. Kelebihan yang dimiliki SPCC adalah kualitas permukaan yang baik, ukuran yang presisi, dan memiliki sifat mekanik serta sifat mampu bentuk yang baik. SPCC ini banyak digunakan sebagai material dasar untuk pembuatan kaleng makanan dan minuman, komponen otomotif, dan alat-alat rumah tangga (PT. Krakatau Steel (persero) Tbk, 2018a).

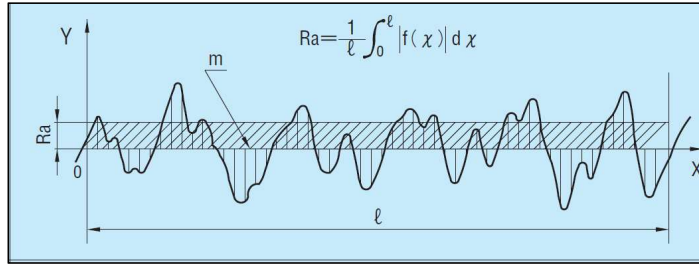
b. *Steel Plate Hot Rolled Coiled (SPHC)*

SPHC merupakan *sheet metal* dengan permukaan pelat berwarna hitam yang disebabkan oleh proses produksinya, yaitu plat digulung pada kondisi tanpa pendinginan. Kelebihan yang dimiliki SPHC adalah lapisan permukaan hitam membuat menjadi tahan karat dan dapat digunakan pada berbagai kebutuhan. SPHC ini banyak digunakan sebagai material dasar untuk komponen alat berat, rangka, tiang, pipa, kontainer, dan konstruksi pada kapal (PT. Krakatau Steel (persero) Tbk, 2018b).

#### **2.2.4. Kekasaran Permukaan**

Penelitian yang dilakukan oleh Budianto dkk (2018) menjelaskan bahwa pada produk yang dihasilkan pada suatu proses pemotongan material memiliki capaian kualitas permukaan dan dapat diukur dengan menentukan nilai kekasaran permukaan yang ada. Menurut misumi Anonim (1994) menerangkan kekasaran permukaan adalah nilai rata-rata aritmatika pada titik-titik yang dipilih secara acak pada permukaan suatu objek. Definisi dan notasi ditentukan untuk parameter yang menunjukkan kekasaran permukaan suatu produk industri ada 3 yaitu rata-rata kekasaran ( $Ra$ ), ketinggian maksimum ( $Ry$ ), dan kekasaran rata-rata 10 tempat ( $Rz$ ).

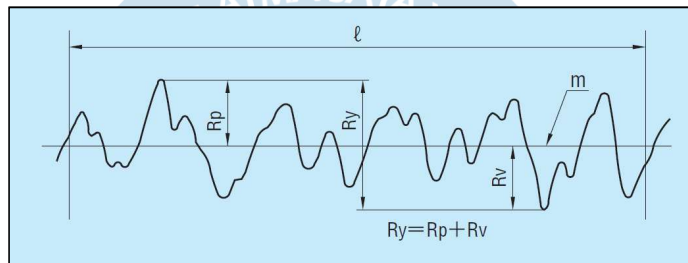
Bagian ini disajikan dalam grafik baru dengan sumbu X memanjang ke arah yang sama dengan garis rata-rata dan sumbu Y mewakili besarnya. Ketika kurva kekasaran diwakili oleh  $y = f(x)$ ,  $Ra$  adalah nilai dalam mikron ( $\mu\text{m}$ ) ditemukan dari rumus yang ditunjukkan di kanan seperti pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4. Rata-rata kekasaran (Ra)**

(Sumber: Anonim, 1994)

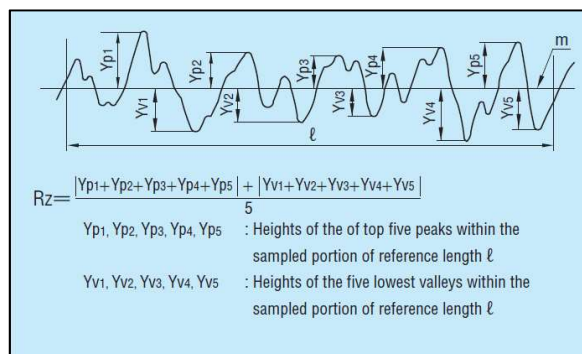
Besarnya nilai Ry diperoleh dengan menentukan jarak antara garis puncak dan garis lembah di bagian ini diukur ke arah sumbu besarnya, dan nilai ini ditunjukkan dalam satuan mikron ( $\mu\text{m}$ ) seperti pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5. Ketinggian maksimum (Ry)**

(Sumber: Anonim, 1994)

Besarnya nilai Rz adalah jumlah dari Yv dan Yp dinyatakan dalam satuan mikron ( $\mu\text{m}$ ), nilai absolut rata-rata tinggi (Yp) dari lima puncak tertinggi yang diukur dari garis rata-rata dan nilai absolut rata-rata dari ketinggian (Yv) dari lima lembah terendah ditambahkan bersama seperti pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6. Kekasaran rata-rata 10 tempat (Rz)**

(Sumber: Anonim, 1994)



### 2.2.5. Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Pengukuran yang pada permukaan produk bisa dilakukan secara langsung menggunakan *Surface Roughness Tester* (Alat Uji, 2020). Alat ukur tersebut mampu mengukur kekasaran permukaan produk sesuai dengan standar ISO. *Surface Roughness Tester* bekerja dengan cara menyentuhkan *probe* ke permukaan produk, *probe* akan bergerak maju dan mundur untuk membaca selisih antara puncak dan lembah produk (Budianto dkk, 2018). Gambar 2.7 merupakan gambar *Surface Roughness Tester Mahr MarSurf PS1*.



**Gambar 2.7. *Surface Roughness Tester Mahr MarSurf PS1***

Lalu hasil pengukuran akan ditampilkan dalam beberapa bentuk yang salah satunya adalah  $R_a$ , satuan ukur tersebut akan dikonversikan menjadi ukuran standar kekasaran permukaan ( $N_0, N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8, N_9, N_{10}, N_{11}, N_{12}$ ). Berdasarkan tugas akhir yang dituliskan oleh Budianto dkk (2018) komparasi nilai  $R_a$  terhadap tingkat kekasaran ( $R_a$ ) yang sesuai dengan tabel 2.1.



**Tabel 2.1. Komparasi Ra**

Nilai kekasaran Ra ( $\mu\text{m}$ )	Tingkat Kekasaran ISO 1302:1992
$\leq 50$	N12
$\leq 25$	N11
$\leq 12,5$	N10
$\leq 6,3$	N9
$\leq 3,2$	N8
$\leq 1,6$	N7
$\leq 0,8$	N6
$\leq 0,4$	N5
$\leq 0,2$	N4
$\leq 0,1$	N3
$\leq 0,05$	N2
$\leq 0,025$	N1

#### **2.2.6. Taguchi Method**

Melalui buku *Quality By Design* yang dituliskan oleh Belavendram (1995) membahas mengenai penentuan kualitas berdasarkan desain eksperimen yang berbasis menggunakan metode *Taguchi* yang dikenalkan oleh Dr. Genich Taguchi pada tahun 1980. Kualitas produk ini dapat dicapai dengan mengoptimalkan faktor yang terkendali, sehingga kualitas produk tidak banyak dipengaruhi oleh faktor yang tidak terkendali (*Noise*). Cara pandang terhadap kualitas ini didasarkan pada kualitas yang dirancang pada produk dan tidak berdasarkan hasil inspeksi produk, kualitas yang tidak tercapai melalui inspeksi menimbulkan kegiatan yang sia-sia. Hal ini menunjukkan penggunaan dari metode *Taguchi* bertujuan untuk memperbaiki kualitas dari suatu produk dan prosesnya sehingga dapat meminimalkan biaya produksi (Krishnaiah dan Shahabudeen, 2012).

Widyatmoko (2017) dalam artikel ilmiah berbentuk skripsi Universitas Atma Jaya Yogyakarta menjelaskan definisi karakteristik sebagai ketentuan dari obyek yang diharapkan pada suatu objek yang dikerjakan. Secara umum setiap karakteristik kualitas memiliki suatu target. Pada awal tahun 1920 sebuah metode statistik bernama *Design of Experiment (DOE)* diperkenalkan oleh R. A. Fisher untuk

menentukan kondisi optimal dari suatu pengujian. *DOE* bekerja dengan melakukan pemetaan dari seluruh kombinasi antara percobaan dengan tiap faktor, kemudian dari percobaan yang ditentukan dianalisis untuk menentukan nilai signifikan dari respon yang dikehendaki.

Metode *DOE* yang berbasis *Taguchi* digunakan untuk mendesain suatu eksperimen berdasarkan pemilihan parameter terkontrol yang diklasifikasikan ke dalam bentuk faktor dan level dilakukan agar aspek kualitas dipengaruhi *noise* parameter seminimal mungkin. Faktor dan level ini kemudian disusun menjadi suatu matrix *Orthogonal Array (OA)* yang menunjukkan kombinasi dari penggunaan parameter terpilih pada eksperimen sehingga hasil dari eksperimen ini dapat menghasilkan produk yang memiliki variasi kualitas. Hasil variasi respon ini dapat dievaluasi menggunakan *Quality Loss Function (QLF)* untuk mengetahui penggunaan parameter yang sesuai terhadap target kualitas yang ingin dicapai kedalam *Signal to Noise Ratio (SN ratio)*. *QLF* merupakan evaluasi yang dilakukan untuk menentukan karakteristik dari suatu target kualitas. Klasifikasi dari 3 target kualitas dan persamaan yang digunakan dalam menentukan *SN Ratio*, yaitu:

a. *Nominal the Best (NtB)*

*SN Ratio* dengan kategori *NtB* memiliki target pencapaian dengan karakteristik terukur pada nilai yang spesifik atau tertentu. Persamaan dalam untuk menghitung *SN Ratio NtB* ditunjukkan sebagai berikut:

$$\frac{S}{N} = -10 \times \log \sigma^2 \quad (2.1)$$

b. *Smaller The Better (StB)*

*SN Ratio* dengan kategori *StB* memiliki target pencapaian dengan karakteristik terukur pada nilai terendah atau nilai 0. Persamaan dalam untuk menghitung *SN Ratio StB* ditunjukkan sebagai berikut:

$$\frac{S}{N} = -10 \times \log \frac{1}{n} (\sum y^2) \quad (2.2)$$

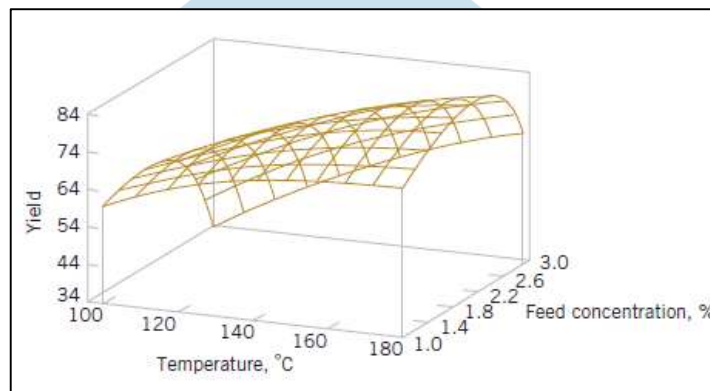
c. *Larger the Better (LtB)*

*SN Ratio* dengan kategori *LtB* memiliki target pencapaian dengan karakteristik terukur pada nilai terbesar atau nilai  $\infty$ . Persamaan dalam untuk menghitung *SN Ratio LtB* ditunjukkan sebagai berikut:

$$\frac{S}{N} = -10 \times \log n (\sum \frac{1}{y^2}) \quad (2.3)$$

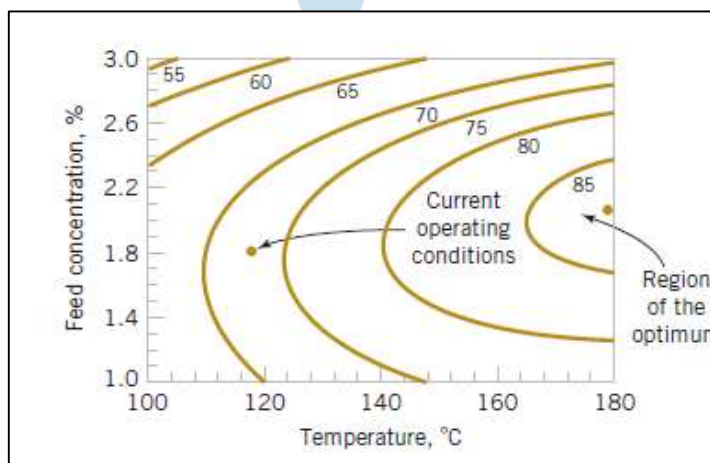
### 2.2.7. Response Surface Methods (RSM)

*Response Surface Methods (RSM)* merupakan kumpulan pada bidang teknik matematika dan statistika yang berfungsi untuk membantu pembuatan model dan menganalisis suatu permasalahan menggunakan analisis varian (*Anova*), sehingga *response* yang dipengaruhi oleh beberapa variabel dapat diamati dan dapat dilakukan pengoptimalan dari nilai *response* yang muncul (Montgomery dan Runger, 2014). Dalam melakukan optimasi, variabel independen ( $x_i$ ) dengan hasil respon ( $Y$ ) perlu digambarkan menjadi suatu *response surface* yang mampu menunjukkan relasi dan hasil respon yang optimal. Seperti contoh kurva yang digambarkan melalui kurva *Surface Plot* pada (Gambar 2.8) dan kurva *Contour Plot* (Gambar 2.9) yang menunjukkan optimasi *yield*.



**Gambar 2.8. Contoh Kurva *Surface Plot***

(Sumber: Montgomery dan Runger, 2014)



**Gambar 2.9. Contoh kurva *Contour Plot***

(Sumber: Montgomery dan Runger, 2014)

Dalam sebagian besar masalah *RSM*, bentuk hubungan antara respon dan independen variabel tidak diketahui. Jadi, langkah pertama dalam *RSM* adalah menemukan model regresi dengan perkiraan yang cocok untuk hubungan sejati antara  $Y$  dan variabel independen ( $x_i$ ). Melalui variabel independen yang ada dapat digunakan untuk menentukan optimasi dari suatu eksperimen pada orde pertama (persamaan 2.4).

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \epsilon \quad (2.4)$$

Pada persamaan 2.4 menunjukkan  $y$  merupakan respon, dan  $\beta$  merupakan koefisien yang tidak diketahui, dan  $\epsilon$  menunjukkan *error*. Ketika penggunaan model pada orde pertama ini menunjukkan ketidaksesuaian pada analisa maka diperlukan pembentukan orde kedua (persamaan 2.5)

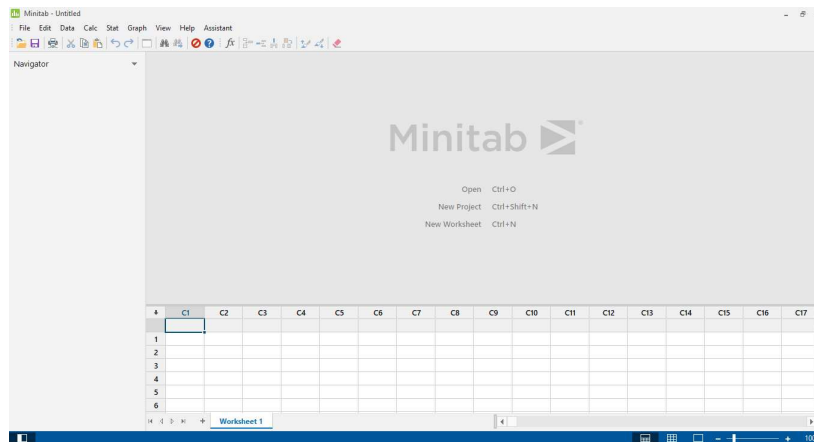
$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (2.5)$$

Pada pembentukan orde kedua pada umumnya mampu merepresentasikan hasil perhitungan optimasi yang cenderung lebih baik dari penggunaan orde pertama. Metode yang digunakan ini disebut sebagai *full factorial method* dimana keseluruhan percobaan dilakukan untuk menemukan percobaan yang memiliki kombinasi faktor paling berpengaruh untuk mencapai nilai respon yang optimal. Tetapi penerapan dari metode *full factorial method* dianggap kurang sesuai dalam menemukan solusi permasalahan yang optimal di lingkungan industri karena membutuhkan biaya yang besar dan memerlukan waktu untuk melakukan penerapannya agar bisa memenuhi semua percobaan yang dibuat. Selain itu cakupan dari percobaan yang luas menyebabkan hasil dari respon cenderung tidak optimal terkonsentrasi pada area percobaan yang diinginkan, sehingga untuk mengatasi hal itu perlu dibuatnya batasan pada desain eksperimental yang sesuai dengan kondisi yang mendukung terbetuknya nilai respon optimal menggunakan metode *taguchi*. Jika percobaan yang dilakukan tidak tepat maka akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan baik dari segi waktu dan biaya (Ninggar, 2019).

### 2.2.8. Minitab 19

Menurut Yadav (2017) minitab merupakan *software* yang digunakan untuk mengolah data statistik, numerik, dan perhitungan sederhana maupun kompleks. Pada zaman perkembangan era digital ini minitab mampu membantu pengelolaan suatu data, sehingga data dapat diolah tanpa melakukan

perhitungan manual yang memerlukan waktu pengolahan data lebih lama. Tampilan dari *Minitab 19* ditunjukkan pada Gambar 2.10.



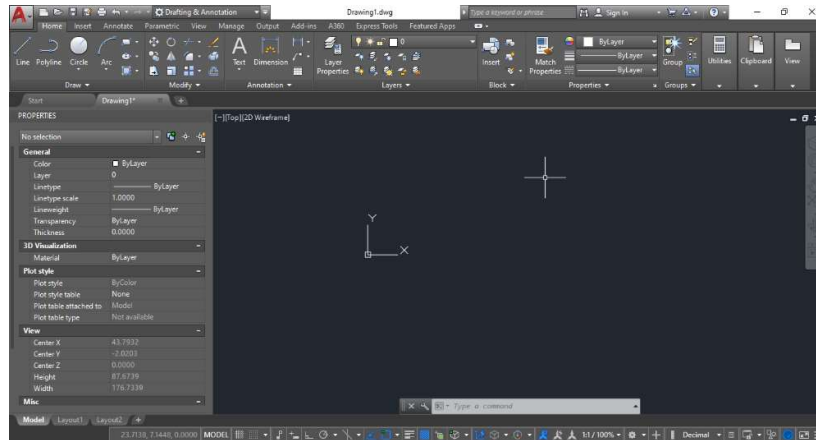
**Gambar 2.10 Tampilan *Minitab 19***

Berdasarkan buku *Design of Experiment with Minitab* yang dituliskan oleh Mathews (2005) mengenai penggunaan minitab untuk melakukan desain eksperimen dan analisis, pada penelitian ini *software minitab 19* digunakan untuk membuat suatu desain eksperimen yang berbasis menggunakan metode *Taguchi* sehingga mampu membentuk suatu *blank orthogonal array* untuk melakukan suatu eksperimen. Pada hasil eskperimen dilakukan pengukuran kualitas, sehingga diperoleh data berupa respon yang akan digunakan sebagai *input* untuk melakukan analisis pada *minitab 19*. Analisis respon yang dilakukan menggunakan *minitab 19* diantaranya adalah analisis *Taguchi*, analisis varian (*Anova*) *RSM*, penggambaran grafik analisis *Anova RSM* (*Versus Fit*, *Pareto Chart*), optimasi *Taguchi*, optimasi *RSM*, grafik *surface plot*, dan grafik *countour plot*.

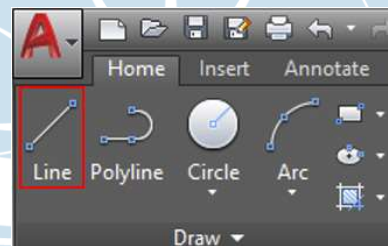
### **2.2.9. *AutoCAD 18***

Menurut buku *Gambar Teknik* yang dituliskan oleh Sudibyo (1989) menyebutkan mengenai pentingnya *Gambar Teknik* yaitu sebagai informasi, penyimpanan informasi, dan alat komunikasi. Namun seiring berkembangnya teknologi yang muncul gambar teknik yang dulunya dilakukan secara manual kini dapat dilakukan melalui *software AutoCAD*. *AutoCAD* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menggambarkan model dalam bentuk 2D maupun 3D *drafting model*. Pada penelitian ini memerlukan *drafting 2D* menggunakan *AutoCAD 18* (Gambar 2.11) sebagai *input* untuk menentukan konversi *program* pemotongan pada *laser*

*cutting*. Fitur-fitur pada *Autocad 18* yang digunakan antara lain adalah *line* dan *dimension*. Fitur *line* (Gambar 2.12) digunakan untuk membuat garis dan fitur *dimension* (Gambar 2.13) digunakan untuk memberi keterangan ukuran dari kontur.



Gambar 2.11. Tampilan *AutoCAD 18*



Gambar 2.12. Fitur *Line*



Gambar 2.13. Fitur *Dimension*