

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 1.1 Tinjauan Pustaka

Menurut Ida Dwi Maharidan dan Mohhammad Rafiz (Ida Dwi Maharidan & Mohammad Razif, 2020) Dalam Penelitian “Analisa *disperse PM<sub>2,5</sub>* menggunakan model *Gauss point source* di kawasan industri dan desain *venturi scrubber* beserta IPAL untuk *effluent venturi*” menghasilkan analisis konsentrasi *PM<sub>2,5</sub>* dikawasan penduduk menggunakan model *gauss point source* serta mendesain alat pengendali pencemar udara *venturi scrubber* beserta instalasi pengolahan air limbah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konsentrasi *PM<sub>2,5</sub>* di kawasan industri di suatu PT dari empat titik pengujian, ketiga titik tersebut masih memenuhi baku mutu udara ambient Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999. Hasil perhitungan desain *venturi scrubber* diperoleh dimensi *venturi* diameter throat (lebar) 0,55 m, panjang *throat* 1,65 m, dan panjang bagian *diverging* 2,2 m *prosentase removal partikulat PM<sub>2,5</sub>* sebesar 95%.

Menurut D. Prabowo dkk (2019) telah melakukan penelitian dengan judul “rancang bangun *venturi scrubber* terhadap penurunan emisi jelaga”. Hasil dari perhitungan perancangan *venturi scrubber* akan di tampilkan pada tampilan data hasil pada program *delphi-7* yang digunakan. Bahwa memprediksi *collection efficiency* jauh lebih tinggi bahkan pada nilai *liquid to gas ratio* rendah. Meningkatnya *Pressure drop* berbanding terbalik dengan *Liquid to gas ratio* yang semakin menurun dengan perbedaan kecepatan gas yang masuk dalam pipa *venturi*, semakin meningkatnya *Collection Effisiensi* maka *Liquid to gas ratio* juga akan meningkat dengan meningkatnya kecepatan gas yang masuk dalam pipa *venturi*, meningkatnya *Collection Effisiensi* lebih tinggi dengan pengaruh perbedaan temperatur gas, dan perubahan *Pressure drop* dengan adanya perubahan temperatur gas yang mengalir pada *venturi*, dan hubungan antara *pressure drop*, *temperatur cairan* dan *collection efficiency* dimana *pressure drop* dan *collection efficiency* akan

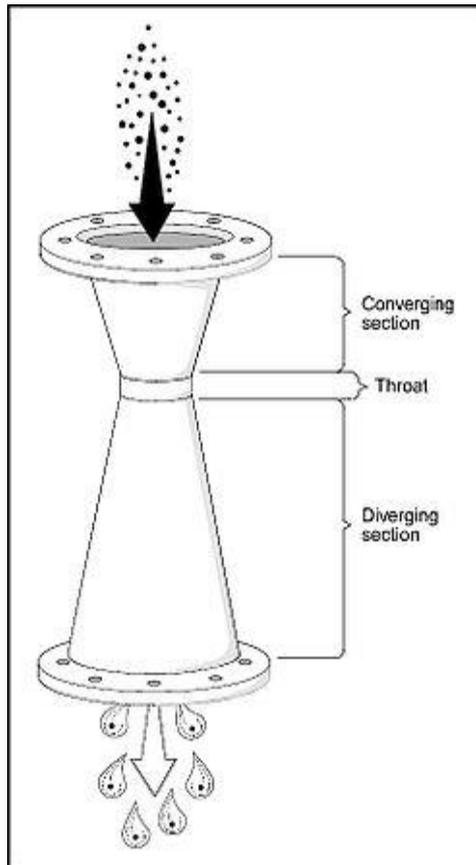
menurun dengan semakin meningkatnya temperatur cairan yang disemprotkan/dikabutkan ke dalam *venturi*.

Menurut Paramitasari dan Destian (Paramitasari & Destian, 2019) Dalam penelitian “Pengaruh Ukuran Partikulat Hasil *Gasifikasi* Batubara terhadap *Efisiensi Wet Scrubber*”, menghasilkan *Syngas* dari gasifikasi batubara mengandung komponen pengotor seperti *tar*, *char*, *H<sub>2</sub>O*, *ash*, *NH<sub>3</sub>*, *H<sub>2</sub>S*, dan *COS*. Zat-zat pengotor tersebut dibagi mejadi dua fase, yaitu fase gas (uap) dan fase padatan (partikulat). Selanjutnya, *syngas* dibersihkan dari pengotornya menggunakan *cyclone*, *wet scrubber* dan *wet ESP*. Dalam penelitian ini, jenis *wet scrubber* yang digunakan adalah *venturi scrubber*. Efisiensi dari *venturi scrubber* ini ditentukan oleh ukuran partikulat pengotor dalam *syngas*. *Syngas* dari *cyclone* dianalisis ukuran partikulatnya menggunakan *Particle Size Analyzer* dan didapatkan grup ukuran partikulat dalam *mikrometer (%vol)*. Lalu data tersebut dianalisis dengan debit (*flow rate*) dan *fraksi* massa umpan *venturi scrubber*, maka didapatkan hasil efisiensi *venturi scrubber* sebesar 97,48%. *Efisiensi venturi scrubber* dapat mencapai 99% untuk memisahkan partikulat padatan berukuran minimal 1 *mikron*.

## 1.2 Landasan Teori

### 1.2.1 Venturi Scrubber

Sistem *scrubber* adalah Kumpulan berbagai macam alat kendali polusi udara yang dapat digunakan untuk membuang partikel dan atau gas dari arus gas keluaran. Karakteristik keluaran gas dan sifat debu, jika terdapat partikel, adalah hal yang sangat penting. *Scrubber* di desain untuk mengumpulkan polutan partikel dan atau gas. *Wet scrubber* membuang partikel dengan cara menangkapnya dalam tetesan atau butiran *liquid*. Sedangkan untuk polutan gas proses *wet scrubber* adalah melarutkan atau menyerap polutan kedalam *liquid*. Sedangkan *venturi scrubber* didesain untuk secara efektif menggunakan energi yang berasal dari arus keluaran gas untuk *mengatomisasi scrubbing liquid* (Khairumizam, 2008). Berikut adalah contoh gambar *venturi scrubber* pada. **Gambar 2.1** *venturi scrubber*



**Gambar 2.1** venturi scrubber

Sumber : (Khairumizam, 2008)

Sebuah *venturi scrubber* terdiri dari tiga bagian : bagian *converging*, *throat*, dan *diverging* . gas keluaran masuk menuju bagian *converging* dan seiring luas area mengecil maka kecepatan meningkat. *Liquid* pencuci gas dimasukkan pada bagian *throat* . gas keluaran yang dipaksa masuk dengan kecepatan tinggi pada bagian *throat* yang sangat kecil, pemisahan partikel dan gas terjadi pada bagian *throat* dimana gas keluaran dengan kabut *droplet* dari *scrubbing liquid* .gas keluaran kemudian menuju bagian *diverging* dimana gas dipaksa melambat . *venturi* dapat digunakan untuk memisahkan partikel dan gas, namun lebih efektif untuk memisahkan partikel dari pada gas (Khairumizam, 2008).

Menurut Hendarto dkk. (2013) *Venturi scrubber* merupakan peralatan penangkap *Particula Matter* yang memiliki beberapa keunggulan, yaitu mampu mengatasi *partikel eksplosif* dan rawan terbakar dengan resiko kecil, biaya perawatan yang relatif rendah, mudah dalam desain dan pemasangan,

efisiensi pengoleksian yang dapat bervariasi, menyediakan pendinginan untuk gas panas dan bisa menetralkan gas korosif (Nicholas, 2002). Bentuk *venturi scrubber* secara umum terbagi menjadi 3 bagian, yaitu sisi *konvergen*, *throat*, dan *divergent*. Ada dua jenis *venturi scrubber* berdasarkan perlakuan *fluida* air-nya, yaitu metode *spray* dan metode *wetted approach*. Sedangkan berdasarkan jenis *throat*, *venturi scrubber* terbagi menjadi *constant throat* (tipe *McInnis-Bischoff*) dan *variable throat* (tipe *Pease-Anthony*).

Pembakaran sampah yang akan dilakukan adalah menggunakan sampah organik yang menghasilkan bahan-bahan kimia berbahaya yang dapat mengakibatkan polusi udara, Asap dari membakar sampah jenis kayu, kertas, daun, melepaskan banyak polutan seperti abu, *karbondioksida*, *karbonmonoksida*, asap dan *gas hidrokarbon*

a. Abu

Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut *bottom ash*. Komposisi kimia dari *bottom Ash* sebagian besar tersusun dari unsur-unsur *Si*, *Al*, *Fe*, *Ca*, serta *Mg*, *S*, *Na*, dan unsur kimia lain. Kandungan *silikat* dan *alumina* yang terkandung dalam *Bottom Ash* ini bersifat aktif karena dapat bereaksi dengan komponen lain. peningkatan risiko *kanker paru-paru*, *stroke*, penyakit jantung, dan penyakit pernapasan (Hadi Saputra, 2018).

b. *Karbondioksida*

Gas *CO2* sendiri sebetulnya bukan merupakan *polutan* berbahaya yang langsung mengganggu kesehatan karena gas ini juga terbentuk pada pernapasan manusia. Pengaruh gas *CO2* terhadap lingkungan adalah sebagai unsur utama pembentuk efek rumah kaca (*green house effect*). *CO2* adalah gas yang transparan dan dapat ditembus oleh cahaya matahari, tetapi gas ini juga menyerap sebagian radiasi sinar *infra* merah. Sebagian energi sinar *infra* merah tersebut kemudian dilepaskan kembali sehingga terjadi pemanasan bumi. Selanjutnya meningkatnya suhu bumi mengakibatkan pemanasan *global* dan dapat mencairkan es di kutub sehingga permukaan air laut naik (Hadi Saputra, 2018).

c. *Karbonmonoksida*

Pengaruh *karbonmonoksida (CO)* umumnya bersifat lokal, yakni terhadap pekerja di sekitar tungku pembakaran. Dampaknya adalah karena kemampuan *CO* bereaksi dengan *hemoglobin* darah sehingga terbentuk *carboxyhaemoglobin*. Akibatnya kemampuan darah untuk membawa *oksigen* menjadi menurun (Hadi Saputra, 2018).

d. Asap dan gas *hidrokarbon*

Terbentuknya asap dan gas dapat mengganggu lingkungan. Asap yang tebal akan menutup cahaya matahari sehingga proses *photosintesis* daun tanaman dan pembentukan *vitamin D* kulit (manusia) terganggu. Disamping itu, *partikel-partikel karbon* yang terserap manusia dapat mengganggu pernapasan. Sedangkan gas *hidrokarbon* seperti *poli aromatik hidrokarbon (PAH)* bersifat *karsinogen*, menyebabkan *kanker* (Hadi Saputra, 2018).

### **1.2.2 Proses Produksi**

Proses produksi merupakan kegiatan untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan faktor-faktor yang ada seperti tenaga kerja, mesin, bahan baku dan dana agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia (Herawati & Mulyani, 2016).

Dalam proses produksi terdapat 4 tahap yang harus dilakukan yaitu tahap perencanaan, tahap penentuan alur, penjadwalan, dan tahap produksi.

a. Tahapan perencanaan

yang pertama adalah perencanaan atau *planning*. Tahapan ini bertujuan menentukan beberapa hal penting terkait produksi yang akan dilakukan, sehingga nantinya semua proses bisa berjalan dengan baik dan efektif. Mulai dari hal paling mendasar, yakni produk apa yang akan dibuat oleh perusahaan, kemudian apa saja bahan baku yang dibutuhkan serta jumlahnya, berlanjut pada berapa biaya yang akan dibutuhkan untuk proses produksi ini, hingga total tenaga kerja, waktu produksi, serta mesin yang diperlukan.

b. Tahap penentuan alur atau *routing*

Penentuan alur atau *Routing* sendiri merupakan proses penentuan urutan kegiatan produksi, dari awal hingga produk selesai dibuat sesuai rencana. Titik fokus yang dilakukan adalah mendapatkan proses atau urutan paling efektif dan efisien, untuk memenuhi target produksi barang, baik dari segi kuantitas atau kualitas. Dari sekian cara yang bisa digunakan, penanggung jawab produksi wajib menentukan cara yang dinilai paling ideal.

c. Penjadwalan atau *Scheduling*

Untuk menetapkan kapan proses produksi harus dilakukan. Tahapan produksi ini dilaksanakan setelah menyelesaikan alur yang akan dilakukan.

d. Tahap produksi atau *dispatching*

Pada tahapan produksi terakhir ini, akan diberikan perintah untuk memulai produksi. Tahap ini disebut dengan *dispatching* dan menjadi tanda dimulainya proses produksi yang sudah direncanakan, ditentukan alurnya serta dimulainya jadwal produksi. Nantinya periode produksi akan berjalan dan diusahakan sesuai dengan penjadwalan yang sudah ditentukan pada poin ketiga tadi. Tentu semua alur produksi juga wajib dilaksanakan sesuai kesepakatan dengan harapan semua berjalan optimal.

### **1.2.3 Proses Gerinda**

Proses gerinda adalah salah satu tipe dari *abrasive machining* yang digunakan untuk proses *finishing*. Proses ini merupakan proses pelepasan material dengan menggunakan pahat yang berupa batu gerinda berbentuk piringan (*grinding wheel/disk*), yang dibuat dari campuran serbuk *abrasif* dan bahan pengikat dengan komposisi dan struktur tertentu (Chairul Anam & Dian Ridlo Pamuji, 2017).

Mesin gerinda secara umum memiliki 6 fungsi utama. Berikut adalah fungsi utama mesin gerinda yang harus Anda ketahui.

1. Memotong benda kerja yang tidak terlalu tebal.
2. Membentuk profil seperti sudut atau lengkungan pada benda kerja.
3. Menghaluskan dan meratakan permukaan benda kerja.
4. Mengasah alat potong supaya tetap tajam.

5. Menghaluskan atau menghilangkan sisi tajam pada benda kerja.

6. Sebagai proses jadi akhir (*finishing*) pada benda kerja.

Setelah mengetahui fungsi mesin gerinda, saatnya Anda mengetahui jenis-jenis mesin gerinda yang dapat Anda temukan di pasaran.

Secara garis besar, ada 4 jenis mesin gerinda yang dapat ditemukan; mesin gerinda permukaan, mesin gerinda silindris, mesin gerinda duduk, dan mesin gerinda tangan. Tiap jenis mesin gerinda memiliki cara pakai dan fungsinya masing-masing.

a. Mesin Gerinda Permukaan (*Surface Grinding Machine*)

Mesin gerinda ini dipergunakan untuk memperoleh hasil permukaan yang datar, rata, dan halus. Mesin gerinda datar biasanya dipergunakan untuk menggerinda permukaan dengan menggerakkan meja kerja. Pengoperasiannya dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis. Berikut adalah Gambar mesin Gerinda permukaan pada **Gambar 2.2** Mesin Gerinda Permukaan (*Surface Grinding Machine*)



**Gambar 2.2** Mesin Gerinda Permukaan (*Surface Grinding Machine*)

Mesin gerinda permukaan terbagi menjadi 4 tipe:

1. Mesin gerinda datar *horizontal* dengan gerakan meja bolak-balik: Mesin ini digunakan untuk menggerinda benda-benda dengan permukaan rata dan menyudut.
2. Mesin gerinda datar *horizontal* dengan gerakan meja berputar: Mesin jenis ini digunakan untuk menggerinda permukaan rata poros.

3. Mesin gerinda datar *vertikal* dengan gerakan meja bolak-balik: Mesin ini digunakan untuk menggerinda benda kerja dengan permukaan rata dan lebar serta menyudut.
4. Mesin gerinda datar *vertikal* dengan meja berputar: Fungsi mesin ini sama dengan mesin gerinda datar *horizontal* dengan gerakan meja bolak-balik.
- b. Mesin Gerinda Silindris (*Cylindrical Grinding Machine*).

Mesin gerinda silindris adalah sebuah mesin gerinda untuk mengerjakan benda berbentuk silindris dan tirus. Hasil benda yang bisa dikerjakan dari mesin gerinda jenis ini yaitu *Spindle Mesin, Bearing, Test Bar, Poros* atau *As, Sleeve* dan lainnya. Berikut adalah gambar mesin gerinda pada **Gambar 2.3** Gambar Mesin Silindris .



**Gambar 2.3** Mesin Gerinda Silindris (*Cylindrical Grinding Machine*)

Jenis mesin gerinda silindris terbagi menjadi 4 tipe yaitu:

1. Mesin Gerinda Silindris Dalam: Jenis mesin gerinda ini mempunyai fungsi untuk menggerinda benda dengan diameter dalamnya berbentuk silindris serta tirus.
2. Mesin Gerinda Silindris Luar: Jenis mesin gerinda ini mempunyai fungsi untuk menggerinda diameter luar pada benda berbentuk silindris serta tirus.
3. Mesin Gerinda Silindris Luar Tanpa Senter: Jenis mesin gerinda ini dipakai untuk menggerinda diameter luar dengan jumlah banyak, baik itu berukuran panjang atau pendek.

4. Mesin Gerinda Silindris Universal: Jenis mesin ini mampu menggerinda benda dengan diameter luar dan dalam berbentuk silindris ataupun tirus. Di antara jenis lainnya, mesin gerinda ini yang paling baik pengerjaannya.

c. Mesin Gerinda Duduk (*Bench Grinder*)

Mesin gerinda jenis ini berukuran lebih kecil dari kedua jenis mesin gerinda di atas dan dipasang pada meja kerja dengan baut. Mesin ini memiliki dua batu gerinda pada kedua ujungnya dan umumnya digunakan untuk mengasah benda-benda berukuran kecil, seperti mata bor, pahat tangan, pahat bubut, kapak, pisau, golok dan sebagainya. Mata gerinda kasar di pasang pada bagian sebelah kiri, sedangkan mata gerinda halus dipasang pada bagian sebelah kanan. Berikut adalah gambar mesin gerinda duduk pada **Gambar 2.4** Mesin Gerinda Duduk.



**Gambar 2.4** Mesin Gerinda Duduk (*Bench Grinder*)

Pemasangan dua jenis mata gerinda tersebut bertujuan agar mesin gerinda ini mempunyai dua fungsi sekaligus, yakni sebagai pemotong dan pengasah. Fungsi pemotong menggunakan batu gerinda kasar sedangkan fungsi pengasah menggunakan batu gerinda halus. Mesin gerinda duduk yang memiliki kaki khusus sehingga berdiri sendiri lebih tinggi di atas lantai disebut mesin gerinda berdiri (*floor stand grinder*) namun fungsinya tetap sama.

d. Mesin Gerinda Tangan (*Hand Grinder*)

Mesin gerinda jenis ini berukuran cukup kecil sehingga dapat dipegang dan dioperasikan langsung dengan tangan. Jenis mesin gerinda tangan ini adalah

mesin gerinda serba guna. Berikut adalah gambar mesin gerinda tangan pada **Gambar 2.5** Measi gerinda tangan.



Gambar 2.5 Mesin Gerinda Tangan (*Hand Grinder*)

Mesin ini dapat dipergunakan untuk menghaluskan ataupun memotong benda logam, kayu, lantai keramik, kaca serta dapat dipergunakan untuk memoles permukaan mobil. Mesin gerinda tangan digunakan secara umum sebagai alat potong di dalam bengkel kecil ataupun rumah tangga.

#### **1.2.4 Proses Drilling atau gurdi**

Proses *drilling* atau sering disebut dengan proses *drill* merupakan proses pemesinan yang paling sederhana di antara proses pemesinan yang lain. Biasanya di bengkel atau *workshop* proses ini dinamakan proses bor, walaupun istilah ini sebenarnya kurang tepat. Proses *drill* dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twistdrill*) (Hermawan, 2012).

Mesin *drilling* (*drilling machine*) adalah sebuah mesin yang digunakan untuk menghasilkan lubang silinder dengan diameter dan kedalaman yang dibutuhkan pada benda kerja logam.

Beberapa jenis mesin gurdi yang dipakai pada proses produksi di bengkel bengkel pemesinan antara lain; mesin gurdi *portabel*, mesin gurdi *vertikal*, mesin gurdi gang, mesin gurdi jamak.

##### **a. Mesin gurdi *portable***

Mesin gurdi *portable* adalah mesin gurdi kecil yang terutama digunakan untuk operasi penggurdian yang tidak dapat dilakukan dengan mudah pada mesin gurdi biasa. Yang paling sederhana adalah penggurdi yang dioperasikan dengan tangan. Penggurdi ini mudah dijinjing, dilengkapi dengan motor listrik kecil, beroperasi pada kecepatan cukup tinggi, dan mampu menggurdi sampai diameter

13 mm. Berikut adalah Gambar mesin gurdi *portable* pada **Gambar 2.6** Mesin gurdi *portable*.



**Gambar 2.6** Mesin gurdi *portable*

Mesin ini terdiri atas sebuah standar tegak, sebuah meja *horizontal* dan sebuah *spindel vertikal* untuk memegang dan memutar penggurdi. Mesin jenis ini memiliki kendali hantaran tangan, biasanya dengan penggerak batang gigi dan *pinion* pada selongsong yang memegang *spindel* putar. Penggurdi ini dapat digerakkan langsung dengan motor, dengan sabuk atau dengan piring gesek. Penggerakan piring gesek yang mempunyai pengaturan kecepatan pengaturan sangat luas, tidak sesuai kecepatan rendah dan pemotongan berat.

b. Mesin Gurdi *Vertikal*

Mesin gurdi *vertikal*, mirip dengan penggurdi peka, mempunyai mekanisme hantaran daya untuk penggurdi putar dan dirancang untuk kerja yang lebih berat. Mesin gurdi semacam ini dapat dipakai untuk mengetap maupun menggurdi. Berikut adalah gambar mesin gurdi *vertikal* pada **Gambar 2.7** Mesin gurdi *vertikal*.



**Gambar 2.7** Mesin Gurdi *Vertikal*

c. Mesin gurdi kelompok

Kalau beberapa *spindel* penggurdi dipasangkan pada meja tunggal, ini disebut sebagai penggurdi gang atau kelompok. Jenis ini sesuai untuk pekerjaan produksi yang harus melakukan beberapa operasi. Benda kerja dipegang dalam sebuah *jig* yang dapat diluncurkan pada meja dari satu *spindel* ke *spindel* berikutnya. Berikut adalah gambar mesin gurdi kelompok pada **Gambar 2.8** mesin gurdi kelompok.



**Gambar 2.8** Mesin gurdi kelompok

Kalau beberapa operasi harus dilakukan, misalnya menggurdi dua lubang yang ukurannya berbeda dan perlu meluaskannya, maka dipasangkan empat *spindel*. Dengan kendali hantaran otomatis, maka dua atau lebih dari operasi ini dapat berjalan serempak dengan hanya diawasi oleh seorang operator. Pengaturannya, mirip dengan mengoperasikan beberapa kempa gurdi.

#### d. Mesin Gurdi radial

Mesin Gurdi radial dirancang untuk pekerjaan besar, untuk pekerjaan dengan benda kerja tidak memungkinkan berputar, dan untuk pekerjaan menggurdi beberapa lubang. terdiri atas sebuah tiang *vertikal* yang menyangga sebuah lengan yang membawa kepala gurdi. Lengannya dapat berputar berkeliling ke sembarang kedudukan di atas bangku kerja, dan kepala gurdi mempunyai penyetelan di sepanjang lengan ini. Berikut adalah gambar mesin gurdi *radial* pada **Gambar 2.9** mesin gurdi *radial*.



**Gambar 2.9** Mesin Gurdi *radial*

Penyetelan ini memungkinkan operator untuk menempatkan penggurdi dengan cepat di sembarang titik di atas benda kerja. Mesin jenis ini hanya dapat menggurdi dalam bidang *vertikal*. Pada mesin *semi-vertikal* kepalanya dapat diputar pada lengan untuk menggurdi lubang pada berbagai sudut dalam bidang *vertikal*. Mesin *universal* mempunyai tambahan penyetelan putar pada kepala maupun lengan dan dapat menggurdi lubang pada.

#### e. Bor tangan

Mesin bor tangan adalah mesin bor yang pengoperasiannya dengan menggunakan tangan dan bentuknya mirip pistol. Cara kerjanya adalah *spindel* bergerak naik turun dalam arah vertikal sesuai kebutuhan. Kemudian mata bor yang berputar menekan benda kerja dengan gaya yang besar sehingga menghasilkan lubang dengan kedalaman. Berikut adalah gambar bor tangan pada **Gambar 2.10** bor tangan.



**Gambar 2.10** Bor tangan

Berikut merupakan rumus perhitungan proses gudi untuk mengetahui waktu proses penggurdian:

a. Kecepatan pemotongan:

$$Vc = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

Dimana:

$Vc$  = kecepatan potong (m/menit)

$d$  = diameter gudi (mm)

$n$  = putaran *spindle* (rpm)

$\pi$  = 3,14

b. Gerak makan per mata potong:

$$fz = \frac{Vf}{z \cdot n} \quad (2.2)$$

Dimana:

$fz$  = gerak makan per mata potong (mm/putaran)

$Vf$  = kecepatan pemakanan (mm/menit)

$n$  = putaran *spindle* (rpm)

$z$  = jumlah mata potong

c. Waktu pemotongan:

$$tc = \frac{lt}{Vf} \text{ menit} \quad (2.3)$$

Dimana:

$tc$  = waktu dalam satu kali pemotongan (menit)

$Vf$  = kecepatan pemakanan (mm/menit)

$lt$  = panjang pemakanan (mm)

e. Panjang pemakanan atau penggurdian:

$$lt = lv + lw + ln \quad (2.4)$$

Dimana:

$lt$  = panjang pemakanan (mm)

$lv$  = panjang awal pemakanan (mm)

$lw$  = panjang pemakanan atau pemotongan pada benda kerja (mm)

$ln$  = panjang akhir pemakanan (mm)

f. Panjang akhir pemakanan:

$$ln = d/2 \tan kr \quad (2.5)$$

Dimana:

$ln$  = panjang akhir pemakanan (mm)

$\tan kr$  = sudut potong utama atau  $\frac{1}{2}$  sudut mata potong ( $^{\circ}$ )

$d/2$  = setengah diameter gurdi (mm)

### 2.2.5 Proses Pengelasan

Pengelasan adalah suatu proses penggabungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas las atau tanpa pengaruh tekanan dan atau tanpa logam pengisi (Budiarsa, 2008). Berdasarkan klasifikasi pengelasan terbagi menjadi 3:

a. Pengelasan cair

Pengelasan sambungan logam yang dipanaskan hingga mencapai titik lebur menggunakan sumber panas seperti busur listrik atau semburan api gas. Selanjutnya, logam yang sudah mencapai titik lebur akan dilelehkan dan dibiarkan mendingin hingga membentuk ikatan yang kuat antara dua logam yang disambungkan.

b. Pengelasan tekan

Adalah cara pengelasan di mana logam yang akan disambung dipanaskan dahulu dan kemudian ditekan secara kuat hingga terjadi penyatuan dan terbentuklah sambungan yang kuat antara kedua logam tersebut.

c. Pematrian Pematrian

dalam proses pengelasan yaitu di mana terdapat sambungan diikat dan disatukan menggunakan paduan logam yang memiliki titik lebur yang lebih rendah daripada logam dasarnya, sehingga logam dasar tidak ikut mencair.

Mesin las adalah alat yang digunakan untuk menyambung logam. Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa penekanan dan menghasilkan sambungan yang kontiniu. Prinsip kerjanya adalah menggunakan logam *elektroda consumable* dengan komposisi/kandungan yang tepat untuk menghasilkan *arc welding* antara *elektroda* dengan benda kerja. Logam *elektroda* yang meleleh akibat panas mengisi celah antara ujung *elektroda* dan bergabung dengan benda kerja. Peralatan yang perlu digunakan dalam pengelasan sebagai berikut:

a. Mesin las

Alat yang mengubah energi listrik menjadi panas sehingga *elektroda* dapat mencair yang kemusian di gunakan untuk proses pengelasan. Berikut adalah contoh gamabar mesin las pada **Gambar 2.11** Mesin las.



**Gambar 2.11** Mesin las

b. Kabel

Kabel yang berfungsi menghantarkan listrik dari mesin las ke *holder* atau ke *elektroda* yang akan membuat nyala busur listrik jika disentuhkan ke benda kerja. Untuk Kabel las (*Elektroda* dan kabel Massa) ini harus mempunyai sifat yang *fleksibel* dan didalamnya terdapat beberapa bagian seperti *lead*, lapisan karet dan kawat tembaga. Berikut adalah gambar kabel yang di gunakan pada mesin las pada **Gambar 2.12** kabel.



**Gambar 2.12** Kabel

c. *Holder*

*Holder* berfungsi sebagai pemegang kawat las saat digunakan *welder* untuk mengelas sebuah produk. *Holder* harus terbuat dari bahan yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi, karena posisinya berdekatan dengan [kawat las](#) yang mencair (*temperature* hingga 2000 derajat *celcius*). Berikut adalah gambar *holder* yang digunakan pada saat pengelasan pada **Gambar 2.13** *holder*.



**Gambar 2.13** *Holder*

Selain itu didalam *holder* ini terdapat pegas yang berfungsi untuk mengunci atau menjepit *elektroda* agar tidak lepas atau bergerak saat digunakan mengelas.

d. Penjepit massa

Digunakan sebagai alat penghubung kabel massa ke logam induk, alat ini biasanya terbuat dari tembaga atau logam lain yang mempunyai sifat penghantar listrik yang baik. Selain itu penjepit massa juga terdapat pegas yang berfungsi untuk menjepit benda kerja dengan baik agar tidak mudah terlepas. Berikut adalah gambar penjepit massa pada **Gambar 2.14** penjepit massa.



**Gambar 2.14** Penjepit massa

e. Palu las

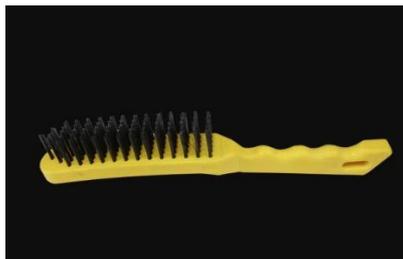
Digunakan untuk membersihkan hasil pengelasan dari *Slag* (kerak las) untuk proses las yang jenis pelindungnya menggunakan *flux* dan *Spatter* (percikan las), caranya dengan memukulkannya atau menggosokkan pada bagian yang terdapat *slag* dan *spatter*. Untuk bentuknya biasanya pada ujungnya berbentuk bulat dan tipis lancip. Berikut adalah gambar palu pengelasan pada **Gambar 2.15** palu las.



**Gambar 2. 15** Palu las

f. Sikat kawat

Digunakan untuk membersihkan permukaan benda yang akan dilas dari zat pengotor seperti karat, oli, dan pengotor lainnya. Selain itu digunakan juga untuk membersihkan hasil las dari debu dan *slag*. Berikut adalah gambar sikat kawat pada **Gambar 2.16** sikat kawat.



**Gambar 2.16** Sikat kawat

g. Kaca mata las

Digunakan untuk melindungi mata dari cahaya las dan membantu dalam melihat proses pengelasan agar lebih mudah dalam mengatur jalannya elektroda. Berikut adalah gambar kaca mata las yang digunakan pada saat mengelas pada **Gambar 2.17** kaca mata las.



**Gambar 2.17** Kaca mata las.

Berikut ini merupakan perhitungan proses pengelasan untuk mengetahui perkiraan kebutuhan elektroda atau kawat las dan waktu pengelasan:

a. Estimasi kebutuhan elektroda atau kawat las:

$$\text{Jumlah elektroda} = \frac{\text{Panjang total pengelasan } t}{\text{Panjang las per elektroda atau kawat}} = \text{batang}$$

Dimana: Jumlah elektroda atau kawat las (batang)

Panjang total pengelasan (mm)

Panjang rata-rata las per elektroda (mm/batang)

b. Estimasi total waktu pengelasan:

$$\text{Jumlah elektroda} \times \text{Rata - rata waktu pengelasan per elektroda} = \text{menit}$$

Dimana:

Jumlah elektroda atau kawat las = jumlah elektroda yang digunakan (batang)

Waktu pengelasan = waktu rata-rata pengelasan per elektroda (menit/batang)

### 1.2.5 Proses Pengrolan

Proses rol plat adalah salah satu proses *manufaktur* yang penting dan banyak digunakan dalam industri besar, kecil dan bahkan *mikro*. Masukan material dan pengaturan parameter mesin roll mempengaruhi efisiensi proses dan kualitas hasil. Persaingan di industri manufaktur menuntut produk dengan kualitas tinggi dan

*produktivitas* tinggi juga. Harga yang *kompetitif* dapat dicapai dengan meningkatkan laju pengerjaan material saat memproduksi suatu produk tertentu agar produk yang dihasilkan memiliki daya saing yang tinggi (Gultom & Galuh, 2019). Berikut adalah salah satu contoh gambar mesin pengerolan pada **Gambar 2.18** proses pengerolan.



**Gambar 2.18** Proses Pengerolan

Mesin Roll Plat adalah mesin yang membantu dalam proses pembentukan plat dari plat datar menjadi bentuk lengkung. Perancangan konstruksi rangka pada mesin roll plat ini bertujuan untuk mengetahui jenis bahan, kekuatan, dan proses pengerjaan mesin tersebut. Berguna untuk membekokkan lembaran logam maupun pipa logam.

Terdapat perhitungan untuk kerja plat seperti:

Untuk mengetahui luas permukaan tabung yang digunakan

$$L = \pi \times r \times 2 \times t \quad (2.6)$$

Dimana : L = luas permukaan tabung

r = jari jari lingkaran

t = tinggi tabung yang di inginkan

dan untuk kerucut seperti berikut :

$$\text{Luas selimut} = \pi \times r \times s \quad (2.7)$$

Dimana : : s = Garis pelukis

r = Jari-jari lingkaran

t = Tinggi kerucut

### 1.2.6 Proses pembubutan

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada *spindel* mesin, kemudian *spindel* dan benda kerja diputar dengan kecepatan sesuai perhitungan. Mata potong pahat (*tools*) yang digunakan untuk membentuk benda kerja akan disayatkan pada benda kerja yang berputar (Prima, 2016). Berikut adalah salah satu contoh mesin pembubutan pada **Gambar 2.19** proses pembubutan



**Gambar 2.19** Proses pembubutan

Poros *spindel* akan memutar benda kerja melalui piringan pembawa sehingga memutar roda gigi pada poros *spindel*. Melalui roda gigi penghubung, putaran akan disampaikan ke roda gigi poros ulir. Oleh penjepit berulir, putaran poros ulir tersebut diubah menjadi gerak translasi pada eretean yang membawa pahat. Akibatnya, pada benda kerja terjadi sayatan.

Fungsi mesin bubut yang paling utama adalah memutar benda kerja pada *spindel* terhadap pahat pada kecepatan tertentu untuk memotong bahan berlebih dan menghasilkan bentuk dan ukuran yang diinginkan untuk pekerjaan tersebut.

Komponen yang terdapat pada mesin bubut :

a. Kepala tetap

Pada kepala tetap ini terdapat poros spindle mesin yang berfungsi sebagai tempat kedudukan cekam (*chuck*). Sehingga ketika poros spindle berputar maka cekam akan berputar. Berikut adalah gambar kepala tetap pada **Gambar 2.20** kepala tetap.



**Gambar 2.20** Kepala tetap

Di dalam kepala tetap terdapat juga puli (*pulley*) dan *belt* (sabuk) dihubungkan dengan motor penggerak. Untuk mengubah kecepatan dan arah putaran mesin, puli ini dihubungkan dengan poros *spindle* mesin melalui susunan roda gigi transmisi di dalam *gearbox* (kotak roda gigi).

b. Alat pencengkam

Alat pencekam merupakan alat yang berfungsi untuk mencekam benda kerja yang akan disaya menggunakan mesin bubut. Berikut adalah gambar alat pencengkam pada **Gambar 2.21** alat pencengkam.



**Gambar 2.21** Alat pencengkam

Ada beberapa jenis alat pengecam yang bisa digunakan, antara lain seperti cekam 3, 6, 9 sisi, dan seterusnya. Umumnya tiga rahang pada cekam ini bergerak bersamaan ketika penguncinya diputar.

b. *Handel* atau tuas

*Handel* pada setiap mesin bubut berbeda-beda. Beda pabrik, beda ukuran, berbeda handel-handel. Cara menggunakan *handel* dapat disesuaikan atau berpedoman pada tabel yang menempel pada mesin. Berikut adalah gambar *handle* atau tuas pada **Gambar 2.22** *handle* atau tuas.



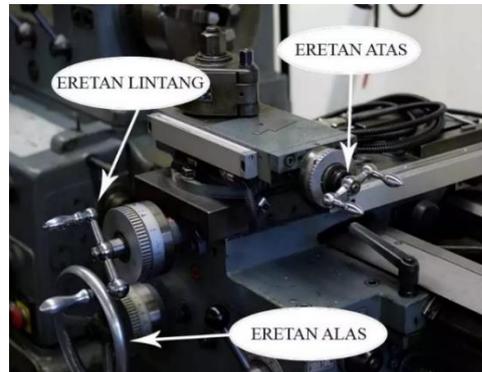
**Gambar 2.22** *Handel* atau tuas.

Fungsi dari *handel* ini ada berbagai macam, antara lain :

1. Pengaturan kecepatan *spindle* (*rpm*).
2. Pengaturan *feeding* atau kecepatan pemakanan secara otomatis.
3. Pengaturan arah pemakanan.
4. Pengaturan penguliran.
5. Menyalakan dan mematikan mesin.
6. Pengaturan arah putaran *spindle*.

c. *Eretan*

Berikut adalah gambar eretan pada **Gambar 2.23 Eretan**.



**Gambar 2.23 Eretan**

Ada 3 jenis *eretan* yang ada pada mesin bubut, yaitu :

1. *Eretan alas*

*Eretan* yang kedudukannya pada alas mesin dan dapat bergerak ke kiri atau ke kanan sepanjang alas. Di dalamnya terdapat perlengkapan mekanik yang menggerakkan *eretan* tersebut secara otomatis atau digerakkan dengan tangan.

2. *Eretan lintang*

Berada diatas eretan alas dan kedudukannya melintang terhadap alas. Gerakan melintang, yaitu menjauhi atau mendekati operator, baik diputar dengan tangan maupun secara otomatis. Kegunaan eretan ini antara lain untuk memberikan tebal pemakanan pahat atau menggerakkan pemakanan pahat. Pada bagian yang dekat dengan pemutarnya terdapat skala ukuran. Dengan skala ini kita dapat mengatur tebal penyayatan pahat.

3. *Eretan atas*

Terletak di atas eretan lintang dan diikat oleh 2 baut. Pada eretan ini terpasang rumah pahat. Kedudukan eretan dapat diubah-ubah atau diputar 360° sesuai dengan kebutuhan.

d. *Tool post* atau dudukan pahat

*Tool post* yang dalam pengaturan ketinggian mata pahat menggunakan ganjal. Cara pengencangan pahat dengan cara mengencangkan baut-baut yang terdapat di bagian atas *tool post*. Menurut jumlah rumah pahatnya *tool post* standar ada dua macam, yaitu memiliki rumah pahat satu dan rumah pahat empat. *Tool post* dengan satu rumah pahat, menyebabkan jumlah pahat yang dapat dipasang hanya satu. Berikut adalah gambar *tool post* pada **Gambar 2.24** *tool post* atau dudukan pahat .



**Gambar 2.24** *Tool post* atau dudukan pahat

Ketika harus mengganti pahat, operator harus mengatur ketinggian lagi untuk pahat selanjutnya. Sedangkan untuk *tool post* dengan empat rumah pahat, operator bisa memasang maksimal 4 jenis pahat berbeda. Sehingga hanya perlu mengatur ketinggian pahat sekali saja untuk setiap pahat dan bisa mengganti pahat tanpa harus menyetel pahat lagi.

e. Kepala lepas

Kepala lepas adalah bagian mesin bubut yang letaknya disebelah kanan mesin dan dipasang diatas alas mesin. Guna bagian ini adalah sebagai tempat penahan ujung benda kerja yang dibubut, tempat kedudukan bor waktu mengebor, dan lain-lain. Kepala lepas atau *tail stock* dapat digeser dan dikunci oleh operator di sepanjang alas mesin. Kedudukannya berada pada alas tersebut diikat dengan baut dan mur. Berikut adalah gambar kepala lepas pada **Gambar 2.25** kepala lepas.



**Gambar 2.25** Kepala lepas

Porosnya berlubang tirus sehingga dapat dipasang mata bor yang bertangkai tirus. Kepala lepas terdiri dari 2 bagian, yaitu alas dan badan. Kedua bagian ini diikat oleh 2 atau 3 baut dan dapat digeserkan.

Berikut rumus perhitungan pada proses pembubutan untuk mengetahui waktu pembubutan pada benda kerja:

a. Kecepatan potong:

$$Vc = \pi \cdot d \cdot n \cdot 1000 \quad (2.8)$$

Dimana:

$Vc$  = kecepatan potong (m/menit)

$n$  = putaran *spindle* (rpm)

$d$  = diameter benda kerja (mm)

$\pi$  = 3,14

b. Kecepatan makan:

$$Vf = f \cdot n \quad (2.9)$$

Dimana:

$Vf$  = kecepatan makan (mm/menit)

$f$  = gerak pemakanan (mm/putaran)

$n$  = putaran *spindle* (rpm)

c. Waktu pemotongan pembubutan rata:

$$tc = \frac{L}{Vf} \quad (2.10)$$

Dimana:

$tc$  = waktu dalam satu kali pemakanan (menit)

$Vf$  = kecepatan makan (mm/menit)

$lt$  = panjang pemakanan (mm)

d. Waktu pemotongan pembubutan muka (*facing*)

$$tc = d/2 Vf \quad (2.11)$$

Dimana:

$tc$  = waktu dalam satu kali pemakanan (menit)

$Vf$  = kecepatan makan (mm/menit)

$\frac{1}{2} d$  = setengah diameter benda kerja *facing* (mm)

e. Waktu pembubutan pengeboran

$$\text{Waktu pengeboran } tm = \frac{\text{panjang pengeboran (L)mm}}{\text{feed (F) mm/menit}} \text{ menit}$$

$$Tm = \frac{L}{F} \text{ (menit)} \quad (2.12)$$

$$L = \ell + 0,3d \text{ (mm)}$$

$$F = f.n \text{ (mm/putaran)} \quad (2.13)$$

Dimana :

$\ell$  = panjang pengeboran

$L$  = panjang total pengeboran

$D$  = diameter mata bor

$n$  = putaran mata bor (rpm)

$f$  = pemakanan (mm/putaran)

### 1.2.7 Kerja plat

Kerja plat adalah suatu proses membuat benda kerja dari lempengan plat yang dibentuk sedemikian juga agar dapat membentuk suatu benda yang dapat digunakan (Sumalong, 2017).Berikut adalah hasil dari kerja plat pada **Gambar 2.26** kerja plat.



## Gambar 2.26 Kerja plat

Dalam melakukan praktik kerja kita harus mengetahui urutan langkah-langkah kerja sebagai berikut antara lain:

1. Pembuatan Gambar kerja.
2. Melakukan pemotongan plat.
3. Menghitung besarnya *Bending* (penekukan).
4. Melakukan Penekukan.
5. *Assembling*.
6. *Finished Work* (Pengamplasan).

peralatan yang digunakan dalam kerja plat adalah sebagai berikut:

### a. Penggores

Penggores digunakan untuk menggambar bentangan pada permukaan plat. Penggores yang baik untuk digunakan harus bersudut 250 sampai 300. Macam-macam penggores menurut bentuknya antara lain: penggores sederhana, penggores dengan ujung yang dibengkokkan, penggores dengan ujung yang dapat diganti-ganti.

### f. Penitik

Penitik dapat digunakan untuk menitik bagian benda kerja yang akan di bor. Bentuk penitik yang sering digunakan adalah silinder yang dikartel dengan ujung tirus yang bersudut 250 sampai 300.

### g. Mistar baja

Mistar baja ini berfungsi untuk mengukur benda kerja yang berukuran pendek, selain itu juga dapat dipakai untuk membimbing penggoresan dalam melukis batangan pada plat yang digunakan, ukuran panjang dari mistar baja ini bermacam-macam, ada yang berukuran 30 cm, 60 cm, dan 100 cm.

### h. Mistar siku

Alat ini digunakan untuk menyiku ketelitian dari benda kerja, ukuran panjangnya 30 cm terbuat dari bahan baja.

### i. Roll meter

Merupakan alat ukur yang berbentuk lempengan plat tipis yang dapat digulung. Karena roll meter ini tipis dan panjang maka dapat digunakan untuk mengukur bidang yang melingkar. Roll meter ini terdiri dari bermacam-macam ukuran yaitu 3 m, 5 m, 10 m.

j. Gunting plat

Berfungsi sebagai alat pemotong plat yang berukuran pendek atau yang sulit dijangkau oleh mesin potong serta untuk memotong plat yang berbentuk radius atau lingkaran.

k. Kikir

Kikir ini digunakan untuk menghilangkan bagian yang tajam. Pada umumnya pekerjaan yang sederhana akan lebih ekonomis. Kikir terbuat dari baja karbon tinggi yang ditempa sesuai dengan panjangnya.

### **1.2.8 Proses finishing**

Proses finishing yaitu tahap terakhir dalam produksi suatu produk. Sebelum produk diuji dan dikemas, dilakukan finishing untuk menyempurnakan produk sebelum sampai dalam tahap pemeriksaan. Finishing biasanya meliputi pemberian lapisan pada bahan menggunakan cat, politur, pelindung air, atau bahan lainnya. Selain untuk meningkatkan estetika produk, finishing juga berfungsi untuk melindungi bahan dari kerusakan seperti goresan, benturan dan meningkatkan masa pakai produk (Arifudin, 2017).

### **1.2.9 Biaya produksi**

Biaya produksi perlu dilakukan perhitungan pada proses pembuatan suatu alat atau mesin untuk mengetahui seberapa banyak biaya yang dikeluarkan baik itu dari biaya material maupun biaya komponen yang dibeli. Perhitungan biaya produksi juga diperlukan sebagai bahan pertimbangan agar diharapkan dapat mengeluarkan biaya seminimal mungkin. Pada proses produksi pembuatan alat bantu jalan biaya yang dihitung yaitu biaya material.

### **1.2.10 Pengukuran**

Mengukur merupakan aktivitas membandingkan suatu objek terhadap alat ukur standar yang relevan, dengan tujuan untuk memberikan informasi yang akurat mengenai ukuran objek tersebut. Pada saat melakukan pengukuran, memerlukan

sebuah alat ukur. Alat ukur ini digunakan untuk membantu dalam melakukan pengukuran. Contoh ada beberapa jenis alat ukur berdasarkan disiplin kerja atau besaran fisika seperti alat ukur dimensi berupa mistar, jangka sorong, mikrometer, bilah sudut, balok ukur, profil proyektor dan seterusnya (Suharno, 2012).

### 1.2.11 Gas analyzer

*Gas Analyzer* atau biasa disebut alat uji *emisi* gas buang merupakan *instrumen* atau alat yang digunakan untuk mengukur proporsi dan komposisi dari gabungan gas. Gas yang dapat diukur oleh *gas analyzer* adalah gas karbon dioksida ( $CO_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), dan karbonmonoksida ( $CO$ ). Berikut adalah gambar *gas analyzer* pada **Gambar 2.27** *gas analyzer*.



**Gambar 2.27** *Gas analyzer*

*Gas analyzer* bekerja dengan cara mengambil sampel gas dari *probe*, lalu masuk ke masing-masing *sample cell*. Sampel gas kemudian akan dikomparasikan dengan gas standar yang melewati pemancaran sistem. Hasilnya berupa perbedaan panjang gelombang yang akan dikonversi menjadi sinyal analog oleh *receiver*. Jika *error* terjadi, maka *gas analyzer* akan kembali disesuaikan melalui *panel kontrol*.

cara menggunakan *gas analyzer*. Prosedurnya seperti berikut ini:

1. Tekan tombol on pada layar monitor, tunggu hingga menyala.
2. Pilih pembakaran yang akan di gunakan.
3. Pasangkan kabel penghubung sesuai pada *port* nya.
4. Arahkan selang pengukur kesumber yang akan di ukur.
5. Hidupkan mesin *printer* , kemudian hubungkan ke layar *monitor*.

6. Tekan tombol *print* pada layar *monitor*, agar melakukan *print* agar hasil dapat dibaca.
7. Setelah selesai matikan alat, tunggu beberapa saat.
8. Lepaskan kabel yang masih terhubung dengan *port* .

Berikut adalah beberapa komponen *gas analyzer* tersebut :

- a. Layar monitor *gas analyzer*

Berikut adalah layar monitor pada *gaz analyzer* pada **Gambar 2.28** layar monitor *gaz analyzer*.



**Gambar 2.28** Layar monitor *gas analyzer*

Di sini akan menunjukkan kadar yang ingin kita ketahui seperti *oksigen*, *karbondioksida*, *karbonmonoksida*.

- b. Kabel penghubung *gas analyzer*

Kabel ini berfungsi untuk menghubungkan antara layar *monitor* dengan selang pendeteksi. Berikut adalah tempat pemasangan kabel atau *connector* pada *gaz analyzer* pada **Gambar 2.29** *connctor gaz analyzer*.



**Gambar 2.29** *connector gas analyzer*

Berikut adalah kabel yang digunakan :

1. *Koneksi Min-DIN* untuk *probe CO* dan *CO2*

2. *Koneksi termokopel* untuk suhu udara
3. *Koneksi termokopel* untuk suhu gas buang
4. P- koneksi
5. koneksi P+
6. Koneksi gas
7. Koneksi *USB*
8. Selang pendeteksi

Berfungsi sebagai media agar hasilnya dapat terbaca dan terlihat pada layar monitor.

#### **1.2.12 ISO 5167-4**

Jenis *venturi* dan persyaratan ukuran yang ada pada standar ISO 5167-4 dapat dilihat dibawah ini:

- a) *Classical Venturi tube with an "as cast" convergent section.*
  - 1) Diameter pipa (D) :  $100 \text{ mm} \leq D \leq 800 \text{ mm}$
  - 2) *Throat* diameter (d) :  $d \geq 30.0 \text{ mm}$
  - 3) Diameter *ratio* ( $\beta=d/D$ ) :  $0.3 \leq \beta \leq 0.75$
  - 4) *Reynolds number* (ReD) :  $2 \cdot 10^5 \leq \text{ReD} \leq 2 \cdot 10^6$
- b) *Classical Venturi tube with a machined convergent section.*
  - 1) Diameter pipa (D) :  $50 \text{ mm} \leq D \leq 250 \text{ mm}$
  - 2) *Throat* diameter (d) :  $10 \geq d \geq 30 \text{ mm}$
  - 3) Diameter *ratio* ( $\beta=d/D$ ):  $0.4 \leq \beta \leq 0.75$
  - 4) *Reynolds number* (ReD):  $2 \cdot 10^5 \leq \text{ReD} \leq 1 \cdot 10^6$
- c) *Classical Venturi tube with a rough-welded sheet-iron convergent section.*
  - 1) Diameter pipa (D) :  $200 \text{ mm} \leq D \leq 1200 \text{ mm}$
  - 2) *Throat* diameter (d) :  $d \geq 80.0 \text{ mm}$
  - 3) Diameter *ratio* ( $\beta=d/D$ ) :  $0.4 \leq \beta \leq 0.7$
  - 4) *Reynolds number* (ReD):  $2 \cdot 10^5 \leq \text{ReD} \leq 2 \cdot 10^6$

Dari data di atas dalam pembuatan venturi ini menggunakan *Classical Venturi tube with a-rough-welded sheet iron convergent section.*

### 1.2.13 Indeks Standar Pencemaran Udara

Udara adalah percampuran atau kumpulan gas yang ada di permukaan bumi. Udara yang baik adalah udara yang mengandung *nitrogen* sebanyak 78,08%, *oksigen* sebanyak 20,95%, *argon* sebanyak 0,934%, *karbon dioksida* sebanyak 0,0314%, *neon* sebanyak 0,00182%, *helium* sebanyak 0,000524%, *metana* sebanyak 0,0002%, dan *krypton* sebanyak 0,000114% (dinas lingkungan hidup kota semarang, 2020).berikut adalah daftar komposisi udara bersih pada **Tabel 2.1** komposisi udara bersih.

**Tabel 2.1** komposisi udara bersih

Berikut adalah table hasil penelitian Slamet Widodo dkk.

Jenis gas	Formula	Konsentrasi (% volume)	Ppm
1. Nitrogen	N <sub>2</sub>	78,08	780,800
2. Oksigen	O <sub>2</sub>	20,95	209,500
3. Argon	Ar	0,934	9,340
4. Karbon Dioksida	CO <sub>2</sub>	0,0314	314
5. Neon	Ne	0,00812	18
6. Helium	He	0,000524	5
7. Methana	CH <sub>4</sub>	0,0002	2
8. Krypton	Kr	0,000114	1

( Slamet Widodo,dkk;2022)