

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan pustaka

Prabowo et al., (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*.

Maharani & Razif (2020) telah melakukan penelitian dengan judul “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 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%.

Suhartono et al., (2017) telah melakukan penelitian dengan judul “rancang bangun *cyclone* dan *wet scrubber* pada *incinerator* untuk mencegah terjadinya pencemaran udara”. Hasil uji coba menunjukkan semakin besar kecepatan udara ( $v_u = 2.4 \text{ m/s} \sim 3.1 \text{ m/s}$ ) menyebabkan selisih temperatur semakin besar ( $\Delta t = 187.830^\circ\text{C} \sim 199.670^\circ\text{C}$ ) artinya semakin dingin asap yang keluar cerobong ( $t = 37.10^\circ\text{C} \sim 41.60^\circ\text{C}$ ), dan semakin besar kecepatan air ( $v_a = 2.13 \text{ m/s} \sim 2.57 \text{ m/s}$ ) akan menambah berat air yang dapat ditangkap oleh air dari shower, itu menunjukkan bahwa semakin banyak partikel yang terserap oleh air masuk kedalam bak penampung, akibatnya akan mengurangi partikel dalam asap yang keluar cerobong.

## 2.2 Landasan teori

### 2.2.1 *Wet scrubber*

*Wet scrubber* adalah perangkat pengontrol polusi udara yang menghilangkan pm dan gas asam dari aliran gas limbah sumber titik stasioner. Ada banyak jenis *scrubber* basah yang menghilangkan gas asam dan pm.

Sistem *scrubber* adalah kumpulan berbagai macam alat kendali polusi udara yang dapat digunakan untuk membuang partikel dan/atau gas dari arus gas keluaran industri. *Wet scrubber* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan variasi alat yang menggunakan liquid untuk membuang polutan.

### 2.2.2 *Particulate matter (PM)*

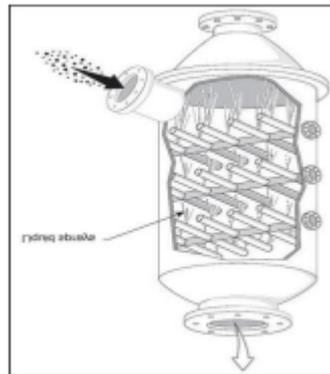
*Particulate matter (PM)* adalah istilah umum yang digunakan untuk campuran partikel padat dan tetesan cairan yang tersuspensi di udara. USEPA mendefinisikan  $pm_{10}$  sebagai partikel yang memiliki diameter aerodinamis nominal 10 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) atau kurang. Secara umum, "PM kasar" mengacu pada  $pm_{10}$  sementara pm "baik" mengacu pada  $PM_{2.5}$  (H. Bengtson, 2002).

### 2.2.3 *Scrubber type*

#### 2.2.3.1 *Spray tower*

Tipe paling sederhana dari *wet scrubber* adalah *spray tower*, partikel yang ikut mengalir bersama aliran gas disemprot dengan air menggunakan nozzle. Konstruksi tipe ini bisa ditempatkan secara *horizontal* atau *vertikal*. Berikut ini contoh dari *spray tower* dengan pemasangan secara vertikal. *Spray nozzle* didesain

untuk aliran *liquid* yang mempunyai bilangan *pressure drop* besar maupun kecil, untuk aliran *liquid* yang mempunyai *flow rate* yang kecil, maka *cross area* kontakannya harus besar. Seperti terlihat pada gambar 2.1 *spray tower* dibawah ini

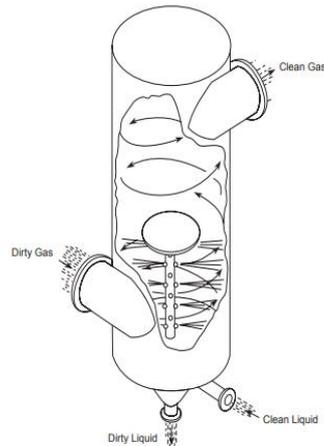


**Gambar 2.1** *Spray tower*

Sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html)

#### 2.2.3.2 *Cyclonic Spray Tower*

Perbedaan antara *cyclonic spray* dengan *spray tower* adalah dari segi konstruksi pada bagian aliran udara masuk ke *scrubber*. *Cyclonic spray* memiliki konstruksi bagian *inlet* gas yang dibuat pada posisi tangensial terhadap silinder *scrubber* sehingga gas yang masuk akan mengalami aliran turbulen sehingga alirannya akan bersinggungan dengan dinding silinder *scrubber*. Hal ini mengakibatkan gas yang mengalir bertambah kecepatannya. Sedangkan air yang disemprotkan berasal dari *nozzel* yang ditempatkan pada bagian tengah atas konstruksi inlet atau dari pipa yang ditempatkan ditengah sepanjang *scrubber*. Berikut gambar 2.2 tentang *cyclonic Spray*.

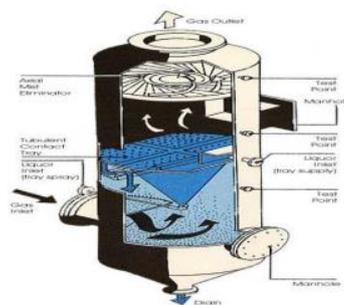


**Gambar 2.2** *Cyclonic spray tower*

Sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html)

### 2.2.3.3 *Orifice scrubber*

Pada *orifice scrubber* gas yang mengalir melewati genangan air, sehingga partikel akan mengendap sedangkan untuk partikel berukuran lebih kecil pada kondisi basah partikel akan melekat dan jatuh pada pelat penghantar dan mengalir kembali ke genangan air. Beberapa tipe dirancang dengan pelat penghantar yang dapat disetel kemiringannya agar kecepatan aliran partikel dapat dikendalikan. Untuk membuang endapan sistem ini menggunakan proses mekanik yang dibuat pada bagian bawah genangan air. Endapan tersebut dibuang dengan penghantar yang aplikasinya seperti *conveyor* ke bagian luar *scrubber*. Tipe ini mampu menampung aliran gas diatas 50.000 cfm. Seperti terlihat pada gambar 2.3 *cyclonic spray tower* dibawah ini.



**Gambar 2.3** *orifice scrubber*

Sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html)

#### 2.2.3.4 Impingement plate scrubber

Prinsip kerja dari alat ini adalah gas *inlet*, naik keatas menuju ruangan *plate*. Proses pengumpulan bertumpu pada tetesan *droplet* yang berasal dari *baffle*. Kecapatan gas 60 sampai 75 meter/detik melalui lubang mengakibatkan ribuan jet yang menyembrotkan suatu cairan yang cair ke dalam tetesan pada urutan 100 mikron untuk membersihkan kontaminan gas. *Scrubber impinjet* mampu mengurangi gas polutan yang diinginkan jika jumlah pelat cukup pada tahapan yang digunakan. Gambar 2.4 menjelaskan tentang mekanisme operasi dari *impingement plate scrubbers*.



**Gambar 2.4** *impingement plate scrubbers*

Sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html)

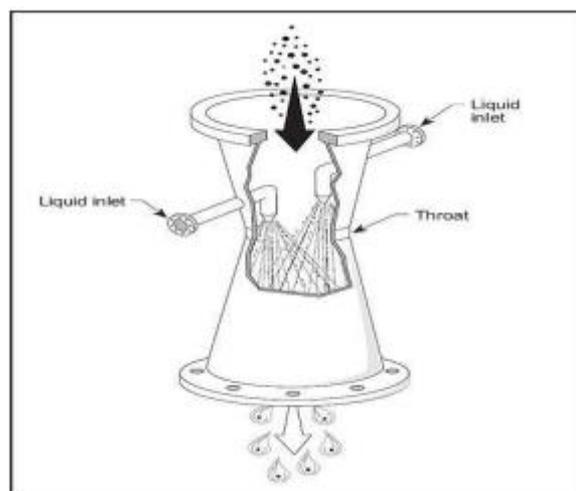
Outlet gas dapat didinginkan sampai kurang dari 5 F ° di atas suhu cairan yang masuk. Pelarut yang sering digunakan seperti alkohol, pentana, heksana, aseton, etilena glikol, klorofom, dan lain-lain. pelarut dingin digunakan sebagai kontak langsung kondensasi cair dan menghilangkan panas.

#### 2.2.3.5 Venturi scrubbers for fine particulates

Menurut (Hendarto dkk) dalam keterangan (Nicholas, 2002). *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 menetralsir gas korosif. Bentuk *venturi*

*scrubber* secara umum terbagi menjadi 3 bagian, yaitu sisi konvergen, *throat*, dan divergen. 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*).

Prinsip operasi *venturi scrubbers* adalah gas yang masuk, kecepatannya menjadi tinggi ketika melewati *throat* dan terjadi kontak dengan cairan. Cairan ini dikabutkan menjadi butiran halus yang menjebak *partikulat efisiensi* yang tinggi. *Partikulat* yang besar, berat, jatuh secara gravitasi. Tekanan pengeluaran, semakin tinggi *efisiensi* pengumpulan. Gambar 2.5 menjelaskan tentang mekanisme operasi dari *venturi scrubbers*.

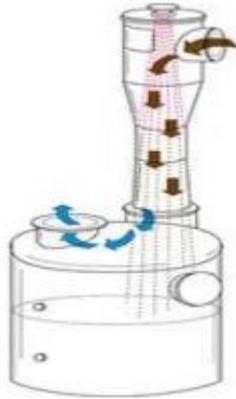


**Gambar 2.5** *venturi scrubbers*

Sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html)

#### 2.2.3.6 *Eductor venturi scrubbers*

*Scrubber eductor* adalah alat dirancang untuk menyisahkan gas dan partikulat oleh dorongan aliran gas menggunakan tekanan tinggi. Selain itu, *eductor scrubber* dapat digunakan untuk langsung menghubungi kondensasi.



**Gambar 2.6** *eductor venturi scrubber*

Sumber : [andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html](http://andalucy.blogspot.co.id/2011/06/wet-scrubber.html)

#### **2.2.4 Cara kerja *wet scrubber***

a) Impingement (pengontakan)

Suatu campuran gas dengan partikel solid (debu) masuk dengan cepat melalui inlet lalu dikontakkan dengan cairan dengan cara *dispray* sehingga partikel debu akan tersangkut dalam cairan.

b) Difusi (penyebaran)

Partikel-partikel solid tersebut dialiri oleh gas yang kemudian menyebabkan partikel tersebut menyebar berupa tetesan-tetesan.

c) Humidifikasi (melembabkan)

Tetesan-tetesan tersebut lalu diflotasikan (melayang) dengan cara humidifikasi, yaitu mengubah permukaan tetesan-tetesan tersebut menjadi elektrostatis. Lalu memisahkannya berdasarkan ukuran tetes (besar dan kecil) secara mekanik. Cara seperti ini biasanya digunakan untuk debu berkonsentrasi tinggi dan tergantung pada kondisi spesifik debu dan gas-gas lain yang terlibat.

d) Kondensasi (pengembunan)

Apabila tetesan-tetesan itu telah mencapai dew point (titik pengembunan), maka akan terjadi peristiwa pengembunan. Proses yang dilakukan secara mekanik. ini

akan mengembunkan tetesan lebih efektif dan ukurannya lebih seragam. Mekanisme ini penting untuk gas panas dengan konsentrasi debu yang kecil. Untuk konsentrasi yang lebih besar perlu ditambahkan jumlah proses kondensasi tersebut.

e) *Wetting* (pembasahan)

Proses ini sebenarnya tidak berperan penting dalam scrubber. Ini dilakukan agar tidak terjadi naiknya partikel debu setelah menjadi tetesan (proses pembasahan dilakukan agar partikel-partikel debu yang telah menjadi tetesan tidak ikut keluar bersama gas lagi).

f) Partisi gas (gas pendukung)

Jika pada suatu gas dilewatkan cairan atau busa, gas akan dipecah menjadi elemen – elemen yang kecil dimana jarak antara partikel yang tersuspensi dan cairan yang melingkupinya relative kecil. Dalam beberapa proses terjadi pemisahan yang diakibatkan oleh gaya gravitasi, dalam hal ini cairan bertindak sebagai awal pemisahan.

g) *Dust disposal* (pembuangan debu)

Dalam beberapa *scrubber*, cairan tidak dipisahkan oleh gas tetapi mengalir sebagai pengisi diatas permukaan. Terkecuali dari efek Humidifikasi dan *Wetting* adalah untuk membersihkan permukaan dan mencegah debu naik keatas, hasil yang nyata terjadi juga karena melibatkan tindakan mekanik yang spesifik.

h) *Electronic precipitation*

Faktor ini juga berperan dalam proses *scrubbing*, namun mekanismenya sulit dipahami dan hanya untuk kondisi yang amat penting serta hanya terjadi dalam beberapa proses.

### 2.2.5 Perancangan

Menurut Sommerville dalam buku Agus Mulyanto (2009 : 259) proses perancangan bisa melibatkan pengembangan beberapa model sistem pada tingkat abstraksi yang berbeda-beda.

Menurut Soetam Rizky (2011 : 140) perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang akan dikerjakan dengan menggunakan teknik yang

bervariasi serta didalamnya melibatkan deskripsi mengenai arsitektur serta detail komponen dan juga keterbatasan yang akan dialami dalam proses pengerjaannya.

Proses perancangan adalah suatu rumusan rancangan yang didalamnya memenuhi kebutuhan manusia. Pada awalnya, suatu kebutuhan tertentu mudah untuk dapat diutarakan secara jelas. Sebelum sebuah produk diproduksi maka dilakukan terlebih dahulu dengan proses perancangan yang bertujuan menghasilkan sebuah desain sketsa atau gambar sederhana dari produk tersebut sehingga akan menghasilkan produk yang bermutu yang dapat memenuhi kebutuhan manusia dan pembuatannya cukup aman, efisien, andal, ekonomis, dan praktis (R. Ginting, 2010).

### **2.2.6 Gambar teknik**

Gambar adalah sebuah alat komunikasi untuk menyatakan maksud dari seorang ahli teknik. Oleh karena itu gambar sering juga disebut sebagai bahasa teknik atau bahasa untuk ahli Teknik (Anwari, 1997). Tugas gambar teknik digolongkan dalam 3 golongan, diantaranya :

#### **A. Sarana Penyampaian Informasi Gambar**

Teknik mempunyai fungsi meneruskan informasi dari juru gambar kepada orang-orang yang bersangkutan, seperti: perencana proses, operator, pemeriksa, perakitan dan sebagainya.

#### **B. Sarana Pengawetan, Penyimpanan dan Penggunaan Informasi**

Gambar merupakan data teknis yang sangat penting sebagai bahan informasi untuk perencanaan yang akan datang. Untuk membuat satu unit alat (misalnya mesin) memerlukan beratus-ratus bahkan beribu-ribu gambar yang harus dibuat. Karena itu gambar harus diberi nomor (kodifikasi nomor urut).

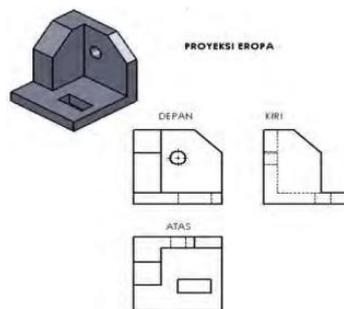
#### **C. Konsep**

Dalam perencanaan, konsep abstrak yang melintas dalam pikiran diwujudkan dalam bentuk gambar melalui proses. Awalnya konsep (ide) dianalisa lalu diwujudkan dalam bentuk gambar untuk kemudian diteliti dan dievaluasi.

Sedangkan dalam gambar teknik juga mempunyai sudut pandang atau proyeksi yang bertujuan untuk mempermudah pembacaan gambar dalam bentuk 2D. proyeksi ada 2 jenis yaitu proyeksi eropa dan proyeksi amerika.

### 2.2.6.1 Proyeksi eropa

Proyeksi eropa termasuk kedalam jenis proyeksi ortogonal, disebut juga proyeksi sudut pertama atau proyeksi kwadran I. Perbedaan sebutan ini tergantung dari masing-masing penulis dari buku yang menjadi bahan referensi (Anwari, 1997).

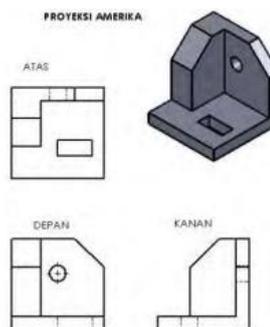


**Gambar 2.7** Proyeksi eropa

(Anwari, 1997)

### 2.2.6.2 Proyeksi amerika

Proyeksi amerika disebut juga proyeksi sudut ketiga atau proyeksi kwadran III, perbedaan istilah ini tergantung dari masing-masing pengarang yang menjadi referensi. Proyeksi amerika merupakan proyeksi yang letak bidangnya sama dengan arah pandangannya (Anwari, 1997). Coba perhatikan gambar di bawah ini.



**Gambar 2.8** Proyeksi Amerika

(Anwari, 1997)

### 2.2.7 Peranan komputer dalam proses perancangan

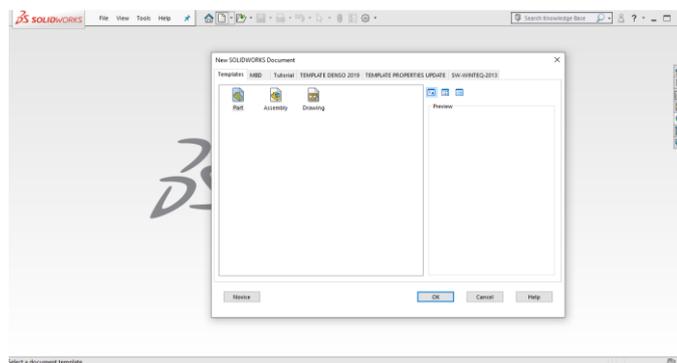
Metode perancangan grafis komputer berperan sangat penting dengan berbagai kemudahan, kecepatan, keleluasaan dalam menghasilkan suatu gagasan

yang visual. Kemajuan teknologi komputer menciptakan suatu ruang untuk bermain dan berkreasi bagi para designer seluas-luasnya, dari banyak hal-hal baru yang sebelumnya tidak memungkinkan untuk dilakukan dengan teknik manual (Sisyanto, 2014).

### 2.2.8 Solidworks

*Solidworks* merupakan *software* yang digunakan untuk membuat sebuah desain produk dari yang sederhana hingga yang kompleks seperti roda gigi, *chasing* handphone, mesin mobil, dan termasuk *furniture mabel* serta berbagai macam desain. File dari *solidworks* ini bisa di *eksport* ke *software* lain dengan menggunakan *ansys, Flovent*, dll (Nugroho, 2020).

Tampilan *software solidworks* tidak berbeda dengan aplikasi lain yang berjalan di atas *windows*, jadi tidak ada yang akan merasa aneh dengan tampilan yang disajikan oleh *solidworks*. Berikut gambar yang merupakan tampilan awal *solidworks*. Berikut gambar 2.9 merupakan tampilan awal *solidworks*.



**Gambar 2.9** Lembar kerja solidworks 2018

*Solidworks* menyediakan 3 *template* utama pada saat memulai mengoperasikanya. Setiap *template* memiliki fungsi dan kegunaanya masing-masing serta dapat dibuat saling berkaitan. Fungsi dari setiap *template* sebagai berikut :

#### A. Part

*Part* merupakan sebuah objek 3D yang terbentuk dari *feature-feature*. Sebuah *part* bisa menjadi komponen pada suatu *assembly*, dan juga bisa di gambarkan melalui bentukan 2D pada sebuah *drawing*. *Feature* merupakan sebuah istilah

untuk bentukan dan operasi yang membentuk *part*. *Base feature* merupakan *feature* yang pertama kali dibuat. Sedangkan *extension file* untuk *part solidworks* adalah SLDPRT.

#### B. Assembly

*Assembly* adalah sebuah dokumen yakni dimana *part per part*, *feature* dan *assembly* lain (*sub assembly*) dipasangkan atau digabungkan menjadi satu. *Extension file* untuk *assembly* adalah SLDASM.

#### C. Drawing

*Drawing* merupakan *templates* yang digunakan untuk membuat gambar 2D/3D *engineering drawing* dari *single component (part)* maupun *assembly* yang sudah dibuat. *Extension file* yang digunakan oleh *drawing* adalah SLDDRW.

### 2.2.9 Borland delphi 7

*Delphi* merupakan suatu bahasa pemrograman (*development language*) yang menggunakan visualisasi sama seperti bahasa pemrograman *visual basic* (VB). Namun *delphi* menggunakan bahasa yang hampir sama dengan *pascal* (sering disebut *object pascal*), sehingga lebih mudah untuk digunakan. Bahasa pemrograman *delphi* dikembangkan oleh *code gear* sebagai divisi pengembangan perangkat lunak milik *embarcadero*. Divisi tersebut awalnya milik *borland*, sehingga bahasa ini memiliki versi *borland delphi*.

*Borland delphi* merupakan suatu bahasa pemrograman yang memberikan berbagai fasilitas pembuatan aplikasi visual. Keunggulan bahasa pemrograman ini terletak pada produktivitas, kualitas, pengembangan perangkat lunak, kecepatan kompilasi, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan pemrogramannya yang terstruktur (madcoms, 2003).

IDE (*Intregated development environment*) merupakan sebuah lingkungan dimana semua tombol perintah yang diperlukan untuk mendesain aplikasi, menjalankan dan menguji aplikasi yang disajikan dengan baik untuk memudahkan pengembangan program. IDE terbagi tujuh bagian utama, yaitu :

#### 1. Main window

*Main window* atau jendela utama adalah bagian IDE yang mempunyai fungsi yang sama dengan semua fungsi utama dari program aplikasi *windows* lainnya.



**Gambar 2.10** *Main window*

## 2. *Toolbar*

*Toolbar* tidak jauh fungsinya dengan menu bar, penggunaan *toolbar* atau *speedbar* lebih praktis dan cepat.



**Gambar 2.11** *Toolbar*

## 3. *Componen palette*

*Componen palette* berisikan kumpulan komponen yang akan ditempelkan atau diletakan dalam *form* dan digunakan untuk mendesain *form* sehingga membentuk *uses interfaces*.



**Gambar 2.12** *Componen palette*

## 4. *Jendela form*

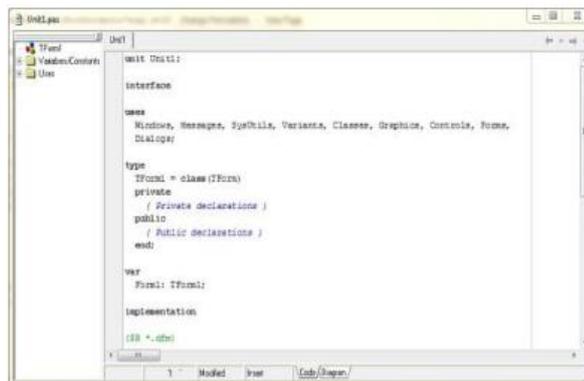
Jendela ini digunakan untuk merancang dan mendesain *user interfaces*.



**Gambar 2.13** jendela *form*

## 5. Jendela unit

Jendela unit ini digunakan secara umum untuk menuliskan *listing* program dalam suatu aplikasi.



**Gambar 2.14** Jendela *unit*

## 6. Jendela *object tree view*

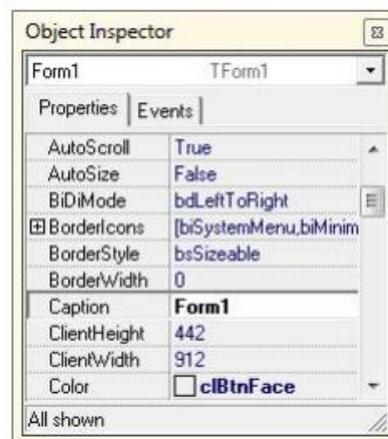
Merupakan sebuah diagram pohon yang menggambarkan hubungan logis untuk menghubungkan semua komponen yang terdapat dalam suatu *project*. Komponen tersebut meliputi *form*, modul atau *frame*. fungsinya digunakan untuk menampilkan seluruh daftar komponen program dalam sebuah aplikasi program sesuai dengan penempatannya.



**Gambar 2.15** *Jendela object tree view*

#### 7. Jendela *object inspector*

Jendela ini digunakan untuk memanipulasi kontrol yang sudah ada dalam *form*. Jendela *object inspector* ini memiliki 2 halaman, yang disebut *properties* dan *events*.



**Gambar 2.16** *Jendela object inspector*

##### a. *Properties*

Digunakan untuk mengatur tampilan pada sebuah komponen, baik itu meliputi penggantian nama, warna, jenis huruf, *border* dan lain-lain.

##### b. *Events*

Merupakan jendela *properties* yang digunakan untuk memberikan fungsi yang lebih detail dari fungsi sebenarnya.

### 2.2.10 Perhitungan pompa

#### A. Menghitung debit air

Debit (*discharge*) atau besarnya aliran saluran adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang saluran per satuan waktu. Biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{detik}$ ) atau liter per detik (l/s). Aliran adalah pergerakan air di dalam alur saluran. Pada dasarnya pengukuran debit adalah pengukuran luas penampang basah dan kecepatan aliran (Mulyadi et al., 2018).

$$Q = A \times v \quad (2.1)$$

Keterangan:

- Q = debit ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
- A = luas bagian penampang basah saluran ( $\text{m}^2$ )
- v = kecepatan aliran rata-rata saluran ( $\text{m}/\text{detik}$ )

#### B. Perhitungan aliran massa udara

$$m = \rho \cdot V \cdot A \quad (\text{kg/s}) \quad (2.2)$$

Keterangan :

- $\rho$  = densitas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- V = kecepatan rata-rata fluida ( $\text{m}/\text{s}$ )
- A = luas penampang saluran ( $\text{m}^2$ )

#### C. Perhitungan daya Pompa

Untuk mencari daya pompa diambil dari persamaan *balans energy*,

*Balans energy* yaitu cabang keilmuan yang mempelajari kesetimbangan energi dalam sebuah sistem. *Balans energy* dibuat berdasarkan pada hukum pertama termodinamika. Hukum pertama ini menyatakan kekekalan energi, yaitu energi tidak dapat dimusnahkan atau dibuat, hanya dapat diubah bentuknya.

Aliran dianggap *stasioner* (Rokhman, 2012)

Jumlah *energy* (E) masuk ke sistem = jumlah *energy* (E) keluar sistem

$$(2.3)$$

Dari gambar sistem *energy* terlihat jelas, apa saja *energy* yang masuk dan apa saja *energy* yang keluar. Sehingga dapat dituliskan :

$$(E1 + Wp) = (E2 + \Delta Ef + \Delta Em)$$

$$(2.4)$$

Keterangan :

Wp = daya pompa

$\Delta Ef$  = kerugian *energy* karena friksi/gesekan

$\Delta Em$  = kerugian minor (kerugian karena belokan/*elbow*)

a. kerugian *energy* karena friksi/gesekan ( $\Delta Ef$ )

$$\Delta Ef = f \times \frac{L}{Di} \times \frac{V^2}{2}$$

$$(2.5)$$

Keterangan :

$\Delta Ef$  = kerugian *energy* karena friksi/gesekan

f = diameter pipa

L = panjang pipa total

Di = diameter pipa

V = kecepatan fluida

b. kerugian energi karena belokan/*elbow* ( $\Delta Em$ )

$$\Delta Em = [(k1 + k2 + k3) + (K_{elbow 90^\circ} + K_{elbow 40^\circ} + K_{elbow 45^\circ})] \frac{V^2}{2}$$

$$(2.6)$$

Keterangan

$\Delta Em$  = kerugian energi karena belokan/*elbow*

K1 = katup *gate valve*

K2 = katup *ball valve*

K3 = katup *globe valve*

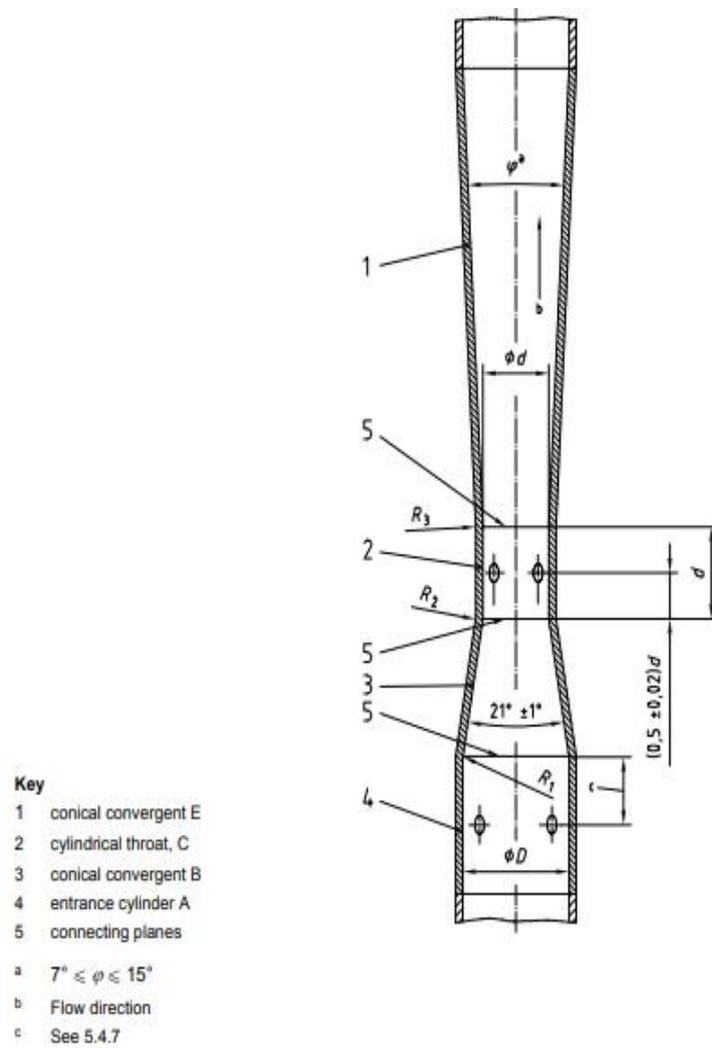
### 2.2.11 ISO 5167-4

Perancangan Venturi Scrubber ini didasarkan pada standar International ISO 5167-4, *first edition* 2003-03-01 Part 4 *Venturi tube*. Standard International ISO

5167-4, first edition 2003-03-01 “*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full*”. Part 4 *Venturi tube*. yang berisikan standar dalam pembuatan tabung venturi, baik ukuran, material yang dipakai dan *manufactur*. Tipe dari venturi menurut ISO 5167 ada tiga jenis, yaitu : *Classical venturi tube with an “ as Cast”*, *Classical venturi tube with Machined* dan *Classical venturi tube with rough welded sheet-iron*. Desain venturi menurut standar ini dapat dilihat pada Gambar 2.17

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



**Gambar 2.17** Desain *venturi* menurut standar Internasional ISO 5167-4, *first edition* 2003-03-01

Sumber : (B. STANDARD and B. ISO, 2003)