

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

(Hafidz, 2019) mengatakan mengganti sudut lengkung exhaust pipe bisa mendapatkan hasil tenaga mesin secara optimal. Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui apa pengaruh lengkungan Exhaust pipe knalpot berapa daya serta kadar emisi gas buang yang keluar dari mesin motor 4 tak Honda Supra X 125cc. Exhaust pipe berfungsi untuk jalur keluar gas buang. Pada kendaraan standart Exhaust pipe sebagian besar menggunakan sudut lengkung sebesar  $80^\circ$ . Namun sepeda motor untuk balapan biasanya memiliki sudut lengkung yang lebih lebar. Kontruksi dari Exhaust pipe bisa mempengaruhi laju emisi gas buang CO maupun HC. Penelitian dilakukan menggunakan eksperimen, dimana yang divariasikan merupakan sudut lengkung Exhaust pipe yang bersudut  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ , dan  $90^\circ$ , dan untuk variabel yang tidak dirubah adalah emisi gas. Data di ambil pada putaran mesin rpm 3000 sampai rpm 8000 dengan kenaikan 500 rpm. Statistic parametric menggunakan metode *one way anova* dan menggunakan alat bantu SPSS 25. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sudut lengkung Exhaust pipe yang menghasilkan daya terbesar adalah pada sudut  $90^\circ$  menghasilkan daya maksimum sebesar 11.657598 Hp, daya minimum sebesar 1.937894 Hp. Peningkatan emisi gas buang CO terdapat sudut  $70^\circ$  dengan nilai peningkatan sebesar 0,2325%, dan untuk emisi gas buang HC pada sudut  $90^\circ$  dengan peningkatan sebesar 28 ppm. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah tidak ada perubahan daya yang signifikan dalam memvariasikan sudut lengkung  $70^\circ$ ,  $80^\circ$  dan  $90^\circ$ , dan pada pengujian emisi gas buang CO maupun HC ada perbedaan yang signifikan pada sudut lengkung  $70^\circ$ ,  $80^\circ$  dan  $90^\circ$  (Hafidz, 2019).

Penelitian yang dilakukan (S.) menyatakan bahwa knalpot merupakan salah satu komponen pada sepeda motor yang memiliki berfungsi sebagai penyalur gas buang hasil pembakaran dari dalam mesin menuju udara bebas. Kadar gas buang yang di keluarkan melalui knalpot akan mempengaruhi udara bebas, maka dari itu diperlukan alat untuk mereduksi gas buang

tersebut dengan memasang catalytic converter pada knalpot. Catalytic converter adalah teknologi yang baru, untuk itu perlu pengamatan bagaimana pola aliran fluida yang terdapat pada catalytic converter tersebut. Untuk mengamati pola aliran tersebut penulis menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic) pada software ANSYS versi 5.4. penyimulasian yang dilakukan dengan memvariasikan kecepatan dari output gas buang 1 m/s 2 m/s 3 m/s. dari hasil penyimulasian yang dilakukan mendapatkan tekanan, bilangan Mach dan temperature yang berbeda pada kecepatan aliran output yang berbeda juga, tetapi memperoleh pola aliran yang sama yaitu gas buang bisa melewati catalytic converter .(S.)

Menurut (Anam, 2019) memodifikasi menggunakan Knalpot Tsukigi Emboss VND dapat meningkatkan unjuk kerja pada mesin. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan unjuk kerja mesin antara menggunakan knalpot standart dengan menggunakan knalpot Tsukigi Emboss VND pada motor injeksi Vario 125. Variabel bebas dalam penelitiannya adalah knalpot Tsukigi Emboss VND dan knalpot standart sedangkan variabel terikatnya adalah daya dan torsi. Variabel control dalam penelitiannya menggunakan motor Vario 125cc CBS ISS dengan bahan bakar pertamax RON 92. Hasil yang didapat dari penelitian yang dilakukan menghasilkan bahwa torsi terbaik dihasilkan oleh knalpot Tsukigi Emboss VND dibandingkan dengan knalpot standart pada putaran mesin 2000 rpm dengan hasil 24,31Nm, mempunyai perbedaan lebih tinggi yaitu sebesar 22,9% menggunakan knalpot standart, sedangkan untuk daya menunjukkan hasil yang lebih tinggi menggunakan knalpot standart bawaan Vario 125cc CBS ISS dibandingkan dengan menggunakan knalpot Tsukigi Emboss VND pada rpm 4000 yang mendapatkan hasil 0,9 kW atau lebih tinggi sebesar 13,6% dibandingkan dengan torsi yang di hasilkan pada knalpot standart.(Anam, 2019) .

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Fadilah, 2016) menyatakan bahwa terjadi penurunan pada torsi sebesar 2,6% apabila menggunakan knalpot standart dan busi *Racing* pada pengujian pertama, terjadi penurunan juga pada torsi apabila menggunakan knalpot *Free Flow* dan busi standart sebesar

0,62% pada pengujian kedua, pada pengujian ketiga menggunakan knalpot *Free Flow* dan busi *Racing* mengalami penurunan torsi sebesar 0,17%, pengujian yang keempat menggunakan knalpot standart dan busi *Racing* tidak mengalami penurunan maupun kenaikan pada daya sepeda motor, pengujian yang kelima menggunakan knalpot *Free Flow* dan busi standart mengalami kenaikan pada daya sepeda motor sebesar 5,82%, terdapat kenaikan daya pada sepeda motor sebesar 6,59% dengan menggunakan knalpot *Free Flow* dan busi *Racing* pada pengujian yang keenam, pada pengujian yang ketujuh mengalami pengaruh penurunan pada kebisingan sepeda motor sebesar 0,68% dengan menggunakan knalpot standart dan busi *Racing*, pengujian yang kedelapan menggunakan knalpot *Free Flow* dan busi standart menghasilkan nilai kenaikan pada tingkat kebisingan sebesar 14,79%, dan pengujian yang terakhir menggunakan knalpot *Free Flow* dan busi *Racing* mengalami kenaikan pada tingkat kebisingan sebesar 15,63%. Penelitian ini menggunakan sepeda motor Supra X 125D dengan membandingkan dengan kompone dan busi yang standart. Pengambilan data pengukuran daya, torsi, tingkat kebisingan suara menggunakan alat bantu yaitu *Sportdyno v3.3 Sound Level Meter*. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan adalah ada pengaruh penggunaan knalpot dan busi yang diuji, hasil torsi dari semua pengujian yang dilakukan mengalami penurunan, dan penurunan torsi yang terendah terletak pada pengujian menggunakan knalpot *Free Flow* dan busi *Racing* namun pada tingkat kebisingan dan daya mengalami kenaikan yang paling signifikan. (Fadilah, 2016)

Hasil dari data penelitian Sanata (2011) menunjukkan bahwa terjadipenaikan torsi sebesar 27,3%, daya sebesar 25% dengan menggunakan knalpot uji  $1\frac{1}{2}$  inch dan  $1\frac{1}{2}$  inch, efisiensi termal sebesar 26,65% dengan knalpot uji  $\frac{3}{4}$  inch, tekanan sebesar 31,8% dengan knalpot  $\frac{1}{2}$  inch, kecepatan aliran gas buang sebesar 40,9% dengan knalpot uji  $\frac{1}{2}$  inch, dengan insensitas kebisingan sebesar 10,6% dengan knalpot uji  $1\frac{1}{2}$  inch di bandingkan dengan

penggunaan knalpot standart. Sedangkan terjadi penurunan SFCE dengan menggunakan uji dibandingkan dengan knalpot standart. (Sanata, 2011)

## 2.2 Pengertian Fluida

Fluida dapat di definisikan sebagai zat yang dapat bergerak dan mengalami perubahan secara kontinyu jika diberi tegangan geser. Perubahan yang dimaksud adalah perubahan struktur zat, atau deformasi. Pada bahan material contohnya pada pasta gigi atau greas hanya dapat bergerak apabila material tersebut dikenai tegangan geser yang mencapai nilai titik kritis tertentu. Pada material zat padat seperti karet misalnya, jika karet tersebut dikenai tarikan atau tegangan geser maka akan mengalami peregangan ( memanjang ). Jika tarikan yang di berikan dihilangkan maka karet tersebut akan kembali ke bentuk semula. Karet tersebut tidak mengalami deformasi, namun, Jika tarikan yang di berikan pada karet tersebut dipebesar sampai melewati batas nilai luluh, karet tersebut akan mengalami putus dan tidak bisa kembali seperti semula. Karet tersebut dikatakan mengalami deformasi. Karet dan benda padat lainnya memerlukan jumlah gaya tertentu untuk bisa mengalami deformasi. Gaya dengan jumlah tertentu yang bisa mendeformasikan benda tersebut kita kenal dengan *yield strength* ( $\sigma$ ). Fluida tidak memiliki batas tegangan tersebut. Fluida akan mengalami deformasi terus menerus apabila dikenai tegangan geser sekecil apapun. Fluida didefinikan hanya bisa berkaitan dengan tegangan geser, bukan jenis tegangan yang lainnya. (Ghurri, 2014)

## 2.3 Laju Aliran Fluida

Fluida merupakan suatu zat yang dapat mengalami perubahan terus-menerus bila dikenai tekanan atau gaya geser walaupun relative kecil, atau bisa juga dikatakan zat yang mengalir. Fluida meliputi tiga jenis zat cair, gas, dan udara karena dapat mengalir.

Laju aliran merupakan zat yang mengalir dengan kecepatan tertentu dengan persamaan waktu. Laju aliran dapat dibedakan dalam 3 jenis, yaitu aliran laminar, aliran turbulen, aliran transisi.

1. Aliran laminar

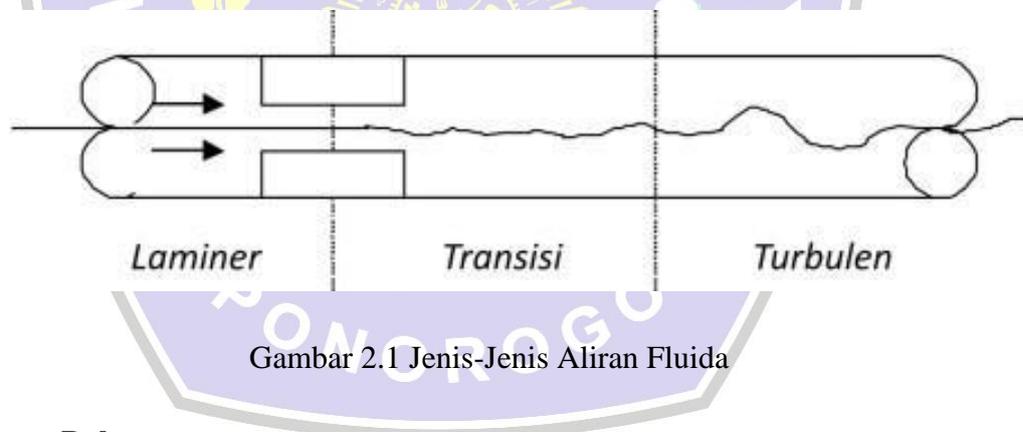
Aliran laminar merupakan aliran yang terjadi ketika aliran di dalam pipa rendah dan partikel fluida bergerak lancar. Kecepatan dari fluida berbentuk parabola

2. Aliran turbulen

Aliran turbulen adalah aliran yang terjadi ketika kecepatan aliran dalam pipa tinggi dan partikel fluida tidak bergerak secara lancar atau berguling-guling

3. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran yang terjadi pada saat perpindahan antara aliran laminar ke turbulen ataupun sebaliknya.



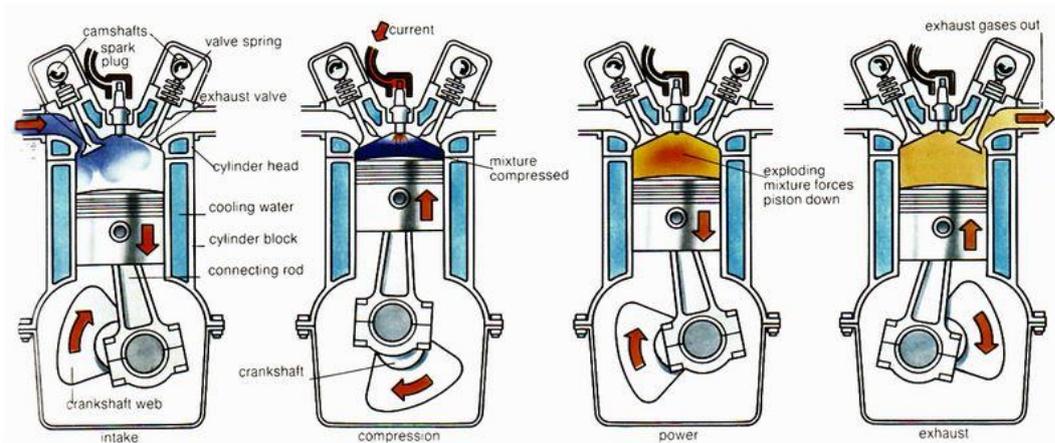
Gambar 2.1 Jenis-Jenis Aliran Fluida

## 2.4 Motor Bakar

Motor bakar merupakan suatu mesin yang mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam kandungan bahan bakar yang dirubah menjadi energi mekanik pada poros motor bakar (Prasojo, 2015).

Motor empat langkah adalah motor yang setiap siklus kerjanya diselesaikan dalam empat kali gerak bolak balik langkah piston atau dua kali putaran poros engkol( *crank shaft* ). Langkah piston merupakan gerak teratas yang disebut dengan titik mati atas ( TMA ) sampai titik terendah yang

disebut dengan titik mati bawah ( TMB ). Dan siklus kerja adalah rangkaian proses yang dilakukan oleh gerak bolak balik translasi torak ( *piston* ) yang membuat rangkaian siklus tertutup. Proses siklus kerja motor empat langkah dilakukan oleh gerak torak ( *piston* ) dalam silinder yang tertutup, yang bekerja sesuai dengan pengaturan gerak katup atau mekanisme katup pada katup hisap dan katup buang (sikki, 2014).



Gambar 2.4 Proses Kerja Mesin Motor 4 Langkah

Proses langkah kerja mesin motor empat langkah ada beberapa tahap yaitu : langkah isap, kompresi, kerja dan langkah buang, untuk lebih detailnya dijelaskan dibawah ini :

### 1. Langkah Isap

Torak ( *piston* ) bergerak posisi mati atas (TMA) menuju posisi titik mati bawah (TMB). Katup isap terbuka dan katup buang tertutup, sehingga tekanan di dalam silinder adalah tekanan rendah atau bisa di sebut dengan vacum, selanjutnya campuran bahan bakar dan udara yang sudah homogen masuk melalui katup hisap untuk mengisi ruang bakar .(sikki, 2014).

### 2. Langkah Kompresi

Torak ( *piston* ) bergerak dari posisi titik mati bawah (TMB) menuju posisi titik mati atas (TMA).Katup isap maupun katup buang keduanya tertutup.Pada langkah kompresi ini campuran anantara bahan bakar dan udara di tekan untuk meningkatkan temperaturnya sehingga mudah terbakar.(sikki, 2014).

### 3. Langkah Kerja

Torak (*piston*) bergerak dari posisi titik mati atas ( TMA) menuju posisi titik mati bawah (TMB). Katup isap dan katup buang keduanya masih tertutup. Saat piston menjelang ke titik mati atas busi mempercikkan bunga api ke dalam ruang bakar untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang sudah di tekan atau di kompresikan sehingga terjadi ledakan karena cepatnya terbakar campuran bahan bakar dan udara tadi.Karena terjadinya ledakan tadi menghasilkan tekanan yang sangat tinggi sehingga torak (*piston*) terdorong ke bawah sehingga terjadi tenaga atau usaha yang di hasilkan mesin .(sikki, 2014).

#### 4. Langkah Buang

Torak (*piston*) bergerak dari posisi titik mati bawah (TMB) menuju posisi titik mati atas (TMA).Katup isap tertutup dan katup buang terbuka.Pada langkah ini torak (*piston*) mendorong gas-gas sisa pembakaran tadi dari titik mati bawah menuju titik mati atas dan gas-gas sisa pembakaran keluar melalui katup buang.(sikki, 2014).

### 2.5 Exhaust Manifold

Knalpot memiliki peran yang penting bagi kinerja mesin pembakaran internal. Exhaust manifold memiliki fungsi untuk mengalirkan gas buang hasil dari pembakaran pada silinder yang selanjutnya disalurkan ke gas buang. Keterbatasan aliran dapat menyebabkan konsumsi bahan bakar yang tinggi, sehingga terjadi peningkatan pembuangan suhu dan asap.Knalpot merupakan sistem yang harus dirancang dengan memperhatikan tekanan balik yang diijinkan.Pembatasan tekanan balik umumnya karena ukuran pipa, peredam, dan sistem konfigurasi.(Patel, 2015)

### 2.6 Gas Buang

Gas buang merupakan hasil dari sisa bahan bakar yang sudah terbakar di dalam sistem mesin pembakaran dalam maupun mesin pembakaran luar.Adapun gas yang terdapat dalam gas buang adalah HC (hidrokarbon), CO (karbon monoksida), NO (nitrogen oksida), dan PB (timah hitam). Gas-gas yang tercantum tersebut mempunyai senyawa yang berbahaya pada kadar yang tertentu . (Fauzi, 2015)

## 2.7 Jenis-jenis Knalpot

### 1. Knalpot Chamber

Pada jenis knalpot ini memiliki konstruksi seperti knalpot standart, sehingga knalpot jenis ini baik bekerja pada putaran bawah.(Widodo, 2014).



Gambar 2.5 Knalpot Chamber

### 2. Knalpot Free Flow

Knalpot free flow atau biasa dikenal dengan system pembuangan los, dimana sistem pelepasan gas buang lebih ringan dan turbulensinya singkat. Pada konstruksi dari knalpot free flow baik bekerja pada mesin dengan putaran tinggi.

Karena jenis knalpot ini bermunculan knalpot racing. Knalpot racing pasti tanpa terakhir diserahkan ke peredam suara atau silinder. Hanya saja dalam knalpot ini ada perhitungan sesuai volume arus masuk.



Gambar 2.6 Knalpot Free Flow

Dari penjelasan di atas knalpot berfungsi untuk mengalirkan gas buang dari ruang bakar dan meredam suara yang keluar dari ruang bakar mesin.(Widodo, 2014)

## 2.8 CFD

Dinamika fluida komputasi dapat disingkat dengan CFD adalah sebuah metode analisis fenomena yang berkaitan dengan aliran fluida, perpindahan massa dan panas, reaksi kimia serta pergerakan partikel tersuspensi. Kerangka kerja CFD meliputi dari persamaan formulasi transport yang sudah berlaku, pemilihan ataupun pengembangan kode-kode komputasi untuk menerapkan teknik numerik. (Krisurya & Markus, 2017).

Kode CFD tersusun dari algoritma numerik yang akan dapat menyelesaikan permasalahan aliran fluida, kode tersebut meliputi tiga elemen utama yaitu:

### 1. *Pre-Processing*

Meliputi masukkan dari sebuah permasalahan aliran ke suatu program CFD dan transformasi dari masukan ke bentuk yang cocok untuk digunakan solver. Ada beberapa langkah dalam tahap ini:

- Proses geometri yang akan dianalisa.
- *Grid geration* pembagian daerah yang menjadi bagian lebih kecil.
- Selesksi pada fenomena fisik yang akan dimodelkan.
- Pemilihan property fluida.
- Pemilihan untuk *boundary condition* (kondisi batas) pada sel yang berimpit dengan batas domain.
- Dari penyelesaian permasalahan aliran yang dapat didefinisikan pada titik nodal didalam tiap sel.,

## 2. *Solver*

Pada elemen ini masih dibagi menjadi tiga jenis meliputi *finite difference*, *finite element*, dan *finite volume*. Ada beberapa langkah untuk metode numerik *solver* sebagai berikut:

- Untuk prediksi variable aliran yang tidak diketahui menggunakan fungsi sederhana.
- Diskretisasi menggunakan substitusi dengan prediksi tersebut akan menjadi persamaan di aliran utama yang berlaku dan melakukan manipulasi matematis.
- Penyelesaian persamaan aljabar.

## 3. *Finite Element*

Metode ini merupakan metode terkomputerasi yang memprediksi bagaimana produk bereaksi terhadap gaya dunia nyata, getaran, panas, aliran fluida, dan efek fisik lainnya. Metode ini menunjukkan apakah produk akan cepat aus, rusak, atau berfungsi sesuai rancangannya. Dalam proses pengembangan metode ini digunakan untuk memprediksi apa yang akan terjadi ketika produk di gunakan.

Finite element bekerja dengan memecah objek nyata menjadi ribuan hingga ratusan elemen hingga, seperti kubus kecil.

Finite element membantu memprediksi perilaku produk yang di pengaruhi oleh banyak efek fisik , antara lain :

- Stress mekanis
- Getaran mekanis
- Kelelahan
- Gerakan
- Perpindahan panas
- Aliran fluida
- Elektrostatika
- Cetakan injeksi plastik

#### 4. *Post-processing*

Sebuah tahap visualisasi dari hasil tahapan sebelumnya, *post-processor* semakin berkembang selang majunya *engineering workstation* yang mempunyai kemampuan grafik serta visualisasi cukup besar. Alat visualisasi diantaranya sebagai berikut:

- Domain geometrid dan *display*.
- Plot vector.
- Plot kontur.
- Plot 2D dan 3D *surface*.
- Manipulasi tampilan (translasi, rotasi, skala, dan sebagainya).
- Animasi *display* hasil dinamik.

Didalam simulasi ini terdapat model-model yang digunakan didiskretisasi dengan menggunakan formulasi yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma-algoritma numerik yang disesuaikan pada permasalahan dan sistem yang akan dimodelkan. (Krisurya & Markus, 2017).

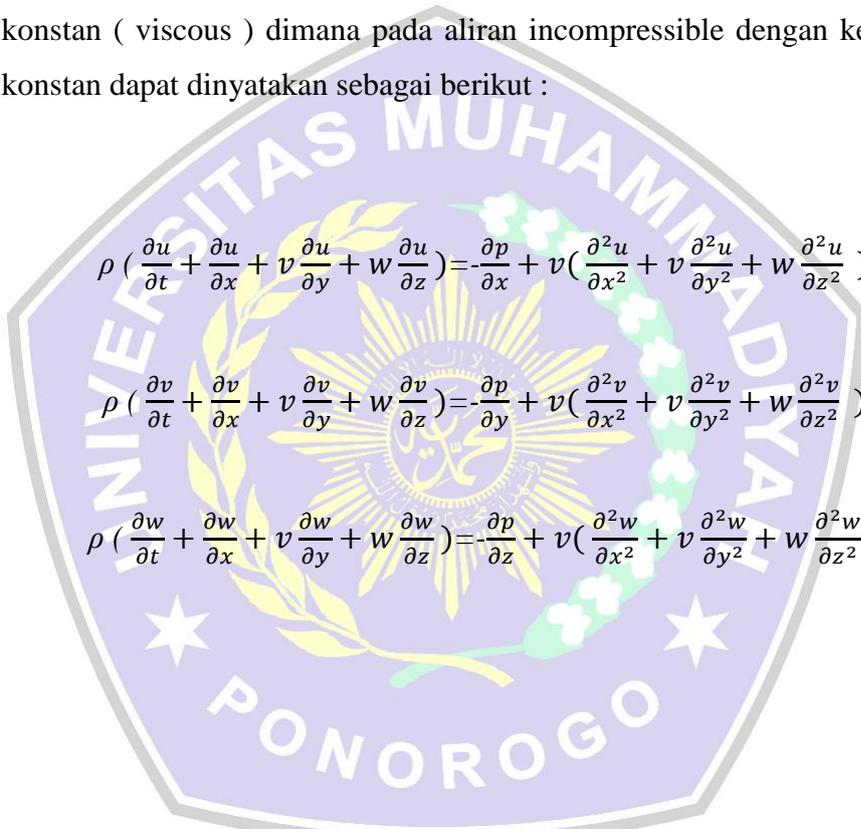
## 2.9 Persamaan Kontinuitas

Berdasarkan pada hukum kekekalan massa muncul persamaan kontinuitas, adapun persamaan kontinuitas sebagai berikut :

$$\frac{\partial \rho}{\partial x} = 0; \frac{\partial \rho}{\partial y} = 0; \frac{\partial \rho}{\partial z} = 0$$

## 2.10 Persamaan Navier-Stokes

Persamaan ini berlaku untuk fluida Newtonian dengan densitas konstan ( viscous ) dimana pada aliran incompressible dengan kecepatan konstan dapat dinyatakan sebagai berikut :


$$\begin{aligned} \rho \left( \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \\ \rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \\ \rho \left( \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \end{aligned}$$

