

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara simulasi numerik dengan menggunakan perangkat lunak AVL Fire. Pendekatan yang dilakukan adalah dengan membuat model geometri dari piston mesin hydra. Mesin hydra yang terdapat pada ETC I BTMP-BPPT Serpong merupakan mesin satu silinder yang didesain khusus untuk keperluan penelitian. Mesin hydra ini dapat dirubah menjadi mesin bensin, mesin Diesel DI (*direct injection*) serta mesin Diesel IDI (*indirect injection*). Sedangkan data spesifikasi mesin hydra seperti ditunjukkan pada tabel di bawah.

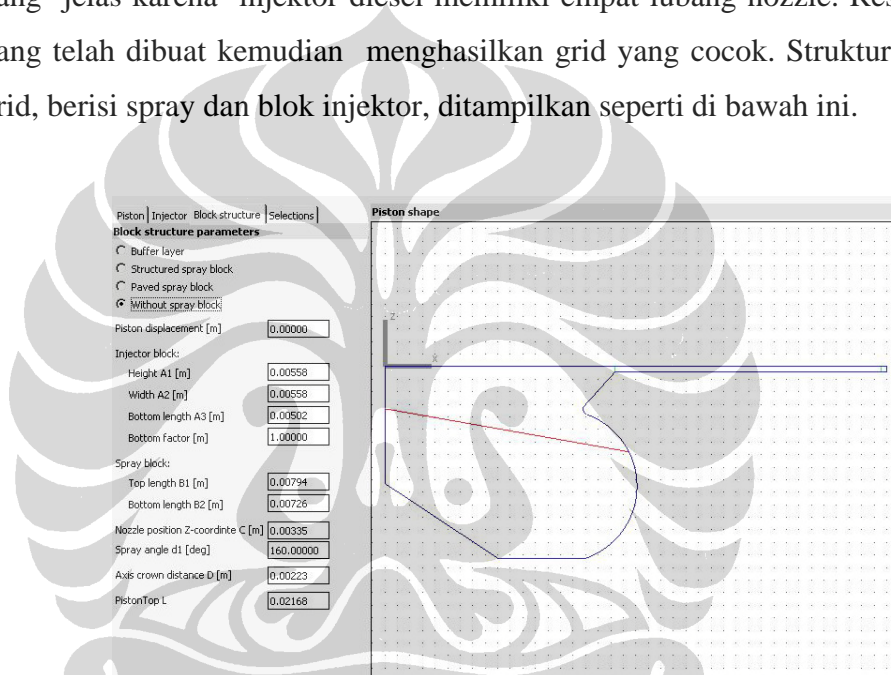
Tabel 3.1. Spesifikasi Mesin Diesel Hydra DI

Bore	80,26 mm
Stroke	88,90 mm
Compression Ratio	21,4 : 1 (Calculated)
Max. Speed	4400 rev/min
Fuel Injection Pump	VE 1/9 F 2200 RV 12749
Pump Plunger Diameter	9 mm
Injector	Bosch KBE 5854/4
Nozzle	Bosch DNOSD 297
Nozzle Operating Pressure	155 bar

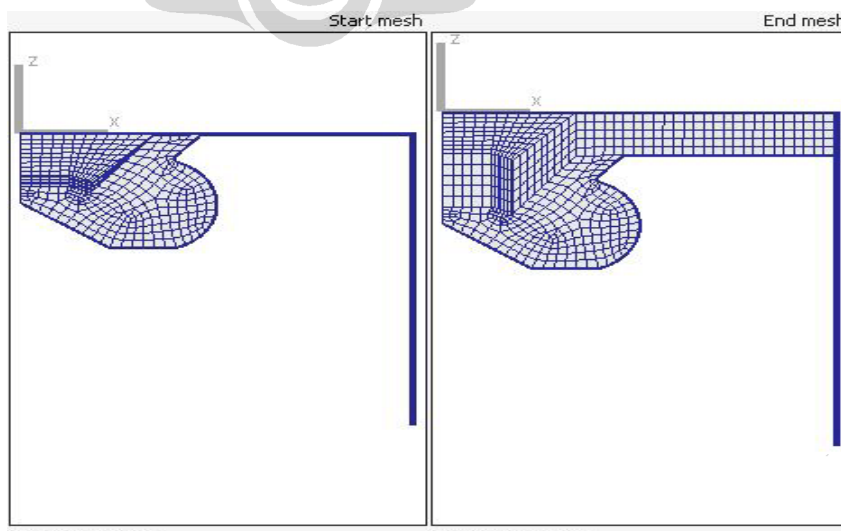
### 3.1 PROSES PRE POCCESSOR

AVL FIRE merupakan software CFD yang pakai untuk melakukan simulasi proses pembakaran pada motor bakar diesel, dimana mempunyai kemampuan menyelesaikan aliran turbulen tidak stedi dengan metode volume hingga. Aliran

turbulen yang terjadi di ruang bakar diselesaikan dengan model k-ε. Sedangkan model Eddy Break-up digunakan untuk menyelesaikan proses pembakaran di dalam ruang bakar. Pada tahapan awal proses simulasi mendefinisikan model geometri, dalam hal ini menggunakan piston hidra dengan bentuk *bowl* seperti dibawah ini. FIRE ESE Diesel digunakan untuk membuat model geometri dan membuat mesh geometri. Berdasarkan deskripsi geometri, satu set mesh komputasi dibuat sebesar 360<sup>0</sup>. Proses pembuatan mesh dibagi ke dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi. Model mesh 2D dari piston yang disertai pembagian yang jelas karena injektor diesel memiliki empat lubang nozzle. Resolusi mesh yang telah dibuat kemudian menghasilkan grid yang cocok. Struktur blok multi grid, berisi spray dan blok injektor, ditampilkan seperti di bawah ini.



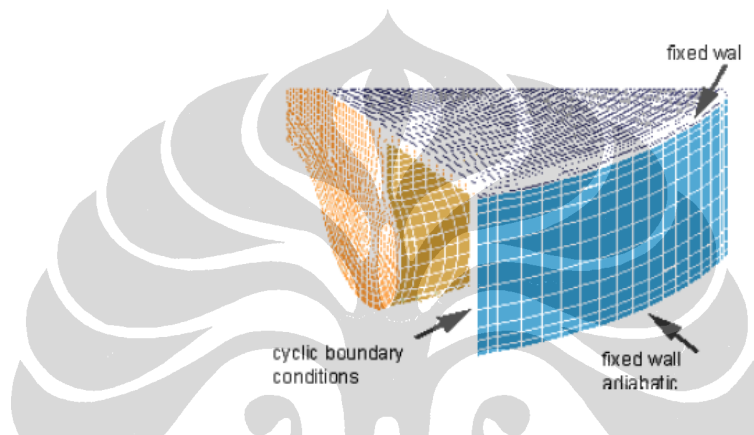
Gambar 3.1 Model Geometri piston Hydra



Gambar 3.2 Model Mesh 2 Dimensi

### 3.1.1. Kondisi Batas

Berdasarkan hasil eksperimental menunjukkan temperatur permukaan dinding bagian silinder, kepala silinder dan mahkota piston dipengaruhi kondisi operasi (beban dan kecepatan). Dalam program AVL FIRE Kondisi batas kepala silinder ditetapkan sebagai dinding tetap, kondisi batas dari mangkuk piston dianggap sebagai dinding bergerak, pada gambar di bawah ini akan ditampilkan ikhtisar kondisi batas yang dipilih.



Gambar 3.3 Tinjauan Kondisi Batas

Kondisi batas dianggap simetris ditentukan oleh jari-jari sepanjang pusat sumbu dari tiap segmen mesh. Karena kondisi batas berpengaruh terhadap hasil perhitungan temperatur. Dalam hal ini kondisi dinding adiabatic dapat ditetapkan sebagai batas. Dengan cara ini akan lebih mudah menampilkan kondisi batas sebagai volume tambahan. Permukaan di luar, dalam dan sisi lebih rendah dari volume yang ditetapkan sebagai dinding batas adiabatik dengan kondisi bergerak

Nilai kondisi batas yang dimasukkan sebagai parameter input untuk menjalankan program Fire ada di bawah tabel berikut ini.

Tabel 3.2. Parameter Input

PARAMETER			Input Nilai
<i>Solver</i>	Run Mode	Sudut Awal	582

		Sudut Akhir	840
		Putaran Mesin	1500 RPM
	Sifat Fluida	Prandtl	0.9
		Schmidt Number	0.9
	Kondisi Awal	Tekanan	100KPa
		Kerapatan	0
		Temperatur	386
		Turbulen Energi Kinetik	53
		<i>Turbulent Lenght Scale</i>	0.0045
		<i>Turbulent dissipation rate</i>	14089.1
		Swirl/Tumble	2880 l/m
		Type Hidrocarbon fuel	Diesel 1 dan B50
		EGR mass Fraction	0.049
		EGR composition	0.65
	Nosel	Jumlah lubang	4
		Ukuran	0,0022
		Durasi Injeksi	3 ms
		Waktu injeksi	-15 ATDC
		Katup intake tertutup	-135 ATDC
		Katup Intake Terbuka	+120 ATDC

## 3.2. SOLVER

### 3.2.1. Persamaan Dasar dalam CFD

Pada tahapan ini dilakukan proses komputasi numerik dengan menggunakan salah satu dari metode numerik:

- Pendekatan variable yang diketahui menjadi fungsi yang lebih sederhana
- Diskritasi dengan substitusi pendekatan ke dalam persamaan yang mengatur aliran
- Solusi persamaan aljabar

Persamaan-persamaan yang akan dihitung dalam penyelesaian numeric adalah

- Persamaan massa atau kontinuitas

$$\left| \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right| = 0$$

Persamaan kontinuitas umum yang berlaku untuk aliran kompresibel maupun inkompresibel yang merupakan fungsi dari komponen u dan v searah sumbu x dan y.

- Persamaan konservasi momentum

Untuk arah sumbu X

$$\rho \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial u}{\partial y} \right)$$

Untuk arah sumbu y

$$\rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu \frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

Dimana p adalah tekanan static,  $\rho$  adalah densitas,  $\mu$  adalah viskositas dinamik, U merupakan arah kecepatan yang searah dengan sumbu-x, dan v adalah kecepatan searah sumbu -y.

- Persamaan konservasi Energi

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{k}{\rho C_p} \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{\mu}{\rho C_p} \left[ 2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right]$$

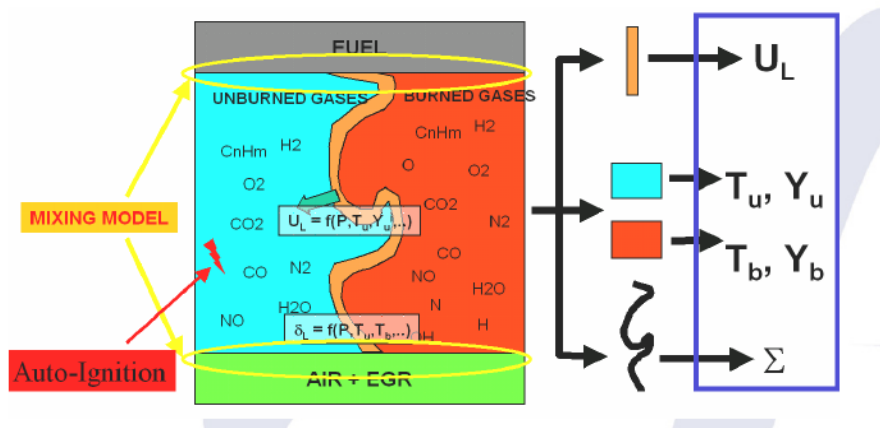
Dimana  $t$  adalah temperatur,  $k$  adalah konduktivitas termal,  $\rho$  adalah densitas,  $C_p$  adalah kecepatan searah sumbu  $x$  dan  $y$ .

### 3.2.2. Pemodelan Semprotan dan Break-up

Penjelasan tentang semprotan yang paling umum didasarkan pada metode tetesan Lagrangian diskrit. Sedangkan fase gas digambarkan dengan persamaan konservasi standar Eulerian, perpindahan fase terdispersi dihitung dengan memprediksi lintasan sejumlah partikel pada bidang tertentu. Model terdiri dari sejumlah tetesan dan diasumsikan semua tetesan dalam satu model yang memiliki sifat fisik dan karakteristik yang sama ketika mereka bergerak, break-up, menumbuk dinding atau menguap. Perpindahan fase cair dan gas dicapai dengan perpindahan istilah untuk massa, momentum, energi dan turbulensi.

### 3.2.3. Model Pembakaran ECFM-3Z

Model ECFM-3Z adalah sebuah model pembakaran berdasarkan dengan persamaan perpindahan densitas permukaan api dan model pencampuran yang menggambarkan pembakaran *permixed turbulent* tidak homogen dan pembakaran difusi. Ide dasarnya adalah dengan membagi domain komputasi kedalam bagian yang lebih kecil. Dalam wilayah campuran, ECFM standar dihitung dalam wilayah campuran, dengan model post-flame yang dimodifikasi untuk proses gas yang terbakar dan tidak terbakar. Perubahan massa termasuk dalam 3 zona pencampuran dihitung dan dimodifikasi dengan bantuan model pencampuran.



Gambar 3.4. Prinsip Model Pembakaran ECFM-3z

### 3.2.4. Pemodelan break up

Proses atomisasi bahan bakar mesin diesel dapat dibagi menjadi dua proses utama, Primer dan sekunder break-up. *Primary break-up* terjadi di kawasan dekat dengan nozel pada umumnya bilangan Weber tinggi hal ini tidak hanya ditentukan oleh interaksi antara fase cair dan gas tetapi juga oleh fenomena di dalam nozzle seperti turbulensi dan kavitasi. Pada *sekunder Break-up* atomisasi yang terjadi di daerah hilir karena proses dan interaksi aerodinamik yang umumnya tidak tergantung dari jenis nozzle.

Model break-up klasik seperti TAB (Taylor Analogi Break-up), RD (Reitz dan Diwakar) dan WAVE tidak membedakan antara dua proses. Parameter dari model ini biasanya disetel untuk mencocokkan data eksperimen agar lebih dekat di wilayah break-up Sekunder. Pada permulaanya parameter tersebut hanya bergantung pada geometri nosel, namun pada kenyataannya sebagian dari hal tersebut berpengaruh pada efek numerik.

Model-model lain seperti ETAB (*Enhanced TAB*), FIPA (*Fractionnement Induit Percepatan Nominal*) atau KH-RT (Kelvin-Helmholtz Rayleigh Taylor) menghasilkan wilayah break-up primer secara terpisah. Oleh karena itu, pada prinsipnya model tersebut memungkinkan untuk bisa mensimulasikan baik break-up melauai proses yang terpisah, sedangkan untuk nilai-nilai yang pasti dengan menetapkan parameter tambahan, namun pada kenyataannya tidak mudah karena kurangnya data eksperimental untuk wilayah break-up primer.

### 3.2.5 Model *auto-ignition*

Model numerik SHELL telah digunakan sebagai model auto-penyalaan. Model ini menggunakan mekanisme reaksi sederhana untuk mensimulasikan *auto-ignition* bahan bakar hidrokarbon. Mekanisme ini terdiri dari delapan reaksi utama dan lima jenis khusus. Setiap reaksi mewakili empat tipe reaksi dasar yang terjadi selama mesin, yaitu inisiasi, propagasi, bercabang dan penghentian. Lima spesies generik termasuk bahan bakar, oksigen, radikal, *spesies intermediet* dan dan percabangan. Reaksi-reaksi ini didasarkan pada karakteristik percabangan dihasilkan bahan bakar hidrokarbon. Premis merupakan kontrol percabangan degeneratif dua tingkat dan rendahnya fenomena api rendah selama hidrokarbon-mesin otomatis. Siklus rantai propagasi dirumuskan sebagai cabang rantai dengan satu inisiasi dan dua reaksi terminasi.

