

Simulasi Aliran Dingin Pada Mesin Pembakaran Internal

Kholil Nur Ibrahim¹, Ari Irawan², Ferdiansah Ananta³, Syahrul Pratomo⁴,
Trisma Jaya Saputra⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

E-mail: kholilnuribrahim@gmail.com¹

Abstract. *The dynamics of fluid flow in the engine combustion cylinder is very important for preparing the air-fuel mixture. Internal Combustion Engine models are built with the help of CATIAV5R20 software. The model is then imported into the HYPER MESH Finite Element preprocessing tool for splicing analysis. The model is then loaded into the finite Element breaker application. Using ANSYS FLUENT, the results are further processed. At various minimum valve lifts, cylinder flow dynamics is examined using FEA. For various crank angles, from 0° to 720°, plots of dynamic velocity and motion magnitudes are displayed. Finally, various crank angles and valve lift speeds are compared.*

Keywords: *Cold Flow Simulation, Flow Dynamics, Valve Lift*

Abstrak. Dinamika aliran fluida di dalam silinder pembakaran mesin sangat penting untuk persiapan campuran udara-bahan bakar. Model Mesin Pembakaran Internal dibuat dengan bantuan perangkat lunak CATIAV5R20. Model tersebut kemudian diimpor ke alat preprocessing HYPER MESH Finite Element untuk analisis penyambungan. Model tersebut kemudian dimuat ke dalam aplikasi pemecah Elemen Hingga. Menggunakan ANSYS FLUENT, hasilnya diproses lebih lanjut. Pada berbagai valve lift minimum, dinamika aliran silinder diperiksa menggunakan FEA. Untuk berbagai sudut engkol, dari 0° hingga 720°, plot besaran kecepatan dan gerakan dinamis ditampilkan. Terakhir, berbagai sudut engkol dan kecepatan valve lift dibandingkan.

Kata kunci: Simulasi Aliran Dingin, Dinamika Aliran, Valve Lift

LATAR BELAKANG

Memodelkan aliran udara dan kemungkinan injeksi bahan bakar dalam siklus mesin transien tanpa reaksi merupakan bagian dari analisis aliran dingin [1]. Dengan memperhitungkan secara akurat interaksi geometri bergerak dengan dinamika fluida dari proses induksi, tujuannya adalah untuk secara akurat menangkap proses pembentukan campuran. Dimungkinkan untuk menentukan turbulensi yang dihasilkan oleh pusaran dan tumble sebagai akibat dari kompresi dan squish serta perubahan karakteristik pancaran aliran udara yang jatuh ke dalam silinder dengan pusaran melalui katup masuk dan pancaran buang melalui katup buang saat mereka buka dan tutup.

Penyusunan campuran udarabahan bakar sangat bergantung pada dinamika aliran di dalam ruang bakar mesin. Hal ini memungkinkan peningkatan pembakaran silinder, kinerja mesin, dan efisiensi. Dalam model mesin, gerakan piston, pembukaan dan penutupan katup, dan sudut engkol ditentukan. Di ruang bakar, pencampuran udara dan turbulensi terjadi dan dipengaruhi oleh langkah hisap. Suhu dan tekanan ruang bakar ditemukan sebagian besar dikendalikan oleh langkah kompresi.

Valve lift adalah parameter yang digunakan dalam simulasi. Besarnya kecepatan diplot untuk setiap sudut engkol dari 0° hingga 720° , memungkinkan visualisasi gerakan dinamis. Zona pusaran dan jatuh lapisan fluida dan piston ditampilkan dalam mesin simulasi. Twirl, x-tumble, ytumble dan snapshot kemalasan dikirim dalam registri yang berfungsi dalam dokumen pesan [2].

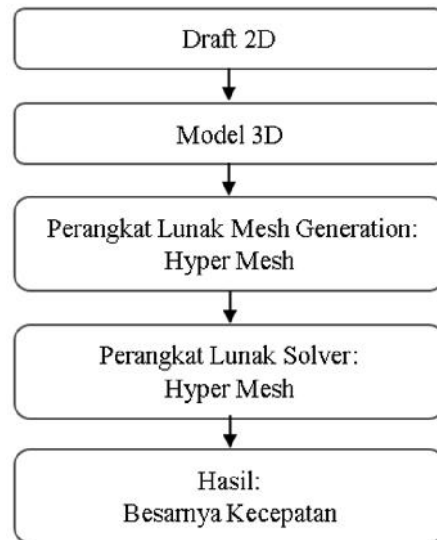
Tinjauan literatur mengungkapkan bahwa memecahkan kasus-kasus ini membutuhkan waktu dan bahwa studi eksperimental lebih mahal daripada yang komputasi. Kode CFD juga digunakan untuk simulasi, dan hasil simulasi dibandingkan dengan eksperimen. Masalah yang paling mendesak adalah efisiensi mesin, sehingga upaya dilakukan untuk membuat mesin ini lebih efisien.

Objektif

1. Untuk membuat model mesin pembakaran internal dengan alat CATIA V5R20 dan menggunakan ANSYS FLUENT untuk menyelesaikannya.
2. Memanfaatkan FEA untuk menyelidiki dinamika aliran silinder untuk berbagai pengangkatan katup.
3. Untuk menganalisis valve lift 0.1mm dan 0.2mm untuk berbagai kecepatan.

METODE

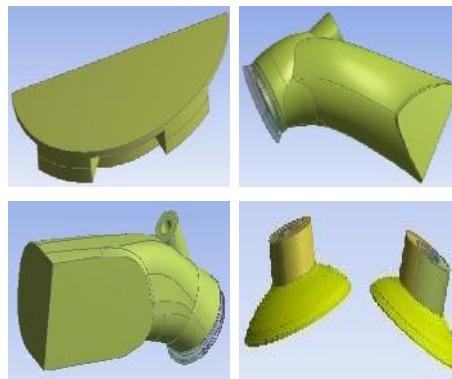
Karakteristik mesin pembakaran internal ditentukan dengan menggunakan analisis elemen hingga. Alat CATIAV5R20 digunakan untuk membuat model mesin pembakaran internal untuk penelitian ini. Untuk analisis meshing, model kemudian diimpor ke alat preprocessing HYPER MESH Finite Element. Setelah itu, model diimpor ke alat pemecah elemen hingga ANSYS FLUENT untuk pemrosesan hasil lebih lanjut. Berikut ini adalah langkah langkah untuk melakukan analisis.



Gambar 1. Diagram alir metodologi

Bagian-bagian dari mesin dimodelkan dalam tiga dimensi menggunakan perangkat lunak CATIA V5R20. Gambar 2 menggambarkan berbagai komponen mesin, termasuk bodi piston, port outlet, port inlet, dan katup masuk dan keluar.

Proses induksi dan pembuangan mesin pembakaran dalam sangat penting untuk efisiensi dan kinerja mesin. Port penutup dan penutup piston mengontrol aliran pada mesin dua langkah, sedangkan katup mengontrol proses induksi dan pembuangan pada mesin empat langkah. Katup kecil, katup putar, katup selongsong, dan katup cakram adalah empat jenis katup yang digunakan.



Gambar 2. Bodi piston, port outlet, port inlet, katup masuk dan keluar

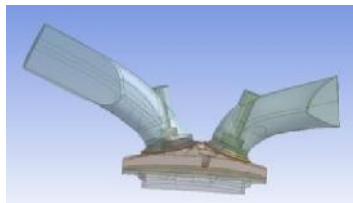
Gambar 2 menggambarkan katup masuk dan keluar, yang digunakan untuk memungkinkan udara masuk ke dalam silinder dan gas buang keluar. Baik blok silinder atau rumah kepala silinder katup ini. Baja tempa, baja, dan paduan adalah bahan yang digunakan untuk katup mesin.

Spesifikasi teknis yang dipertimbangkan untuk mesin pembakaran internal diesel untuk tujuan analisis dinamika fluida tercantum dalam Tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi model mesin

No	Parts	Dimensi
1.	Panjang Connecting Rod	142,6 mm
2.	Radius Putaran	50 mm
3.	Kecepatan Mesin	1800 rpm
4.	Gaya Angkat Minimum	0,1 mm

Komponen alat CATIA dirakit seperti yang digambarkan pada Gambar. 3. Perangkat lunak CAD digunakan untuk menyiapkan model. Mesin diesel memiliki satu silinder dan empat langkah dan katup masuk dan buang. Ini adalah mesin piston silinder-in-line in-cylinder. Kedua katup dilengkapi dengan kursi untuk katup. Ini secara otomatis menghasilkan gerakan yang diperlukan untuk katup dan piston serta parameter solusi untuk simulasi dalam silinder dengan memanfaatkan file Skema.



Gambar 3. Bagian mesin yang dirakit

Meshing yang tepat dari model 3D adalah langkah selanjutnya. Meshing adalah proses di mana node dan elemen mengubah sistem kontinu dengan tingkat kebebasan tak terbatas menjadi satu dengan tingkat kebebasan terbatas. Tingkat penyambungan yang

dicapai oleh perancang adalah satu-satunya penentu akurasi analisis. Meshing seperti yang digambarkan dalam Gambar 4 dilakukan dengan menggunakan alat hyper mesh.



Gambar 4. Mesh structure untuk geometri

Kondisi Batas

Untuk memastikan pengaturan berlaku kondisi batas dan sifat material yang diterapkan di ANSYS Familiar. Tabel 2 menggambarkan kondisi batas, dan profil angkat katup digunakan.

Tabel 2. Kondisi batas

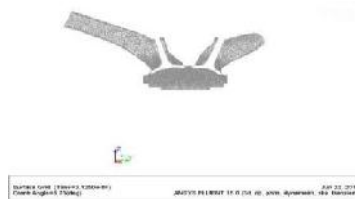
Jenis	Zona	Nilai
Dinding (Katup masuk 1)	Katup masuk 1stem, Katup masuk 1-ob, Katup masuk 1-ch, Katup masuk 1-ib	280 K
Dinding (Katup keluar 1)	Katup keluar 1stem, Katup keluar 1-ob, Katup keluar 1-ch, Katup keluar 1-ib	280 K
Dinding (Port katup masuk)	Port katup masuk-1	280 K
Dinding (Port katup keluar)	Port katup keluar-1	280 K

1. Untuk keperluan perhitungan dan simulasi, dibuat 2000 langkah waktu. Setiap langkah waktu sesuai dengan sudut engkol $0,20^\circ$, yang kira-kira setara dengan 720° sudut engkol (sesuai dengan satu siklus lengkap mesin empat langkah).
2. Gerakan dinamis dibayangkan dan ukuran kecepatan diplot untuk titik kunci pas mulai dari 0° hingga 720° .
3. Kontur besaran kecepatan pada berbagai langkah waktu dan sudut engkol diplot sebagai hasil analisis.

Velocity Contours untuk pengangkatan katup $0,1\text{ mm}$

Domain komputasi untuk fluida mesin pembakaran internal secara dinamis digabungkan, dan analisis dilakukan. Setelah itu, besaran kecepatan untuk berbagai sudut engkol diplot.

Dalam analisis selanjutnya, diagram jaringan permukaan dihindari dan hanya kontur diagram besaran kecepatan yang ditunjukkan untuk tujuan analisis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grid Permukaan pada $3,5^\circ$

Gambar 6.a menunjukkan kontur besaran kecepatan. Pada titik ini, terjadi langkah ekspansi. Pada $3,5^\circ$, kecepatan maksimum adalah $1,60\text{ m/s}$.

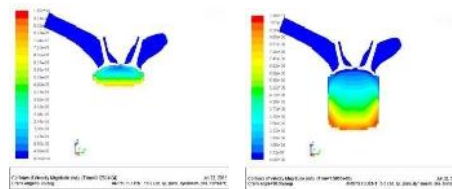
Gambar 6.b menunjukkan kontur besaran kecepatan pada 90° . Pada 90° , kecepatan maksimum adalah $12,4\text{ m/s}$. Gambar 6.c menunjukkan kontur besaran kecepatan pada 180° . Pada titik ini, langkah buang terjadi di titik mati bawah (TMB) piston. Katup buang memiliki bukaan kecil sehingga campuran bahan bakar dan udara tekan akan habis. Pada 180° , kecepatan maksimumnya adalah $80,2\text{ m/s}$.

Gambar 6.d menunjukkan kontur besaran kecepatan pada $275,5^\circ$. Campuran udara-bahan bakar akan dikeluarkan melalui katup buang yang terbuka penuh pada saat ini. 125 m/s adalah kecepatan tertinggi pada $275,5^\circ$.

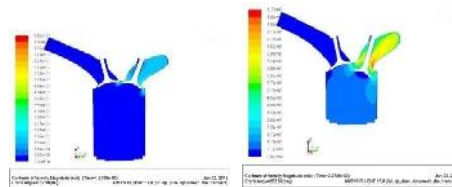
Gambar 6.e menunjukkan kontur besaran kecepatan pada $360,75^\circ$. Ini telah menyelesaikan setengah siklus mesin diesel empat langkah pada saat ini. Piston akan berada pada posisi TMA, memulai langkah hisap, dengan katup buang tetap tertutup dan katup masuk tetap terbuka. Pada $360,75^\circ$, kecepatan maksimumnya adalah 25 m/s. Gambar 6.f menunjukkan kontur besaran kecepatan pada sudut engkol 420° . Mengingat pembatasan mendadak untuk jet yang lewat, interaksi jet dengan dinding dan kepala piston jelas menunjukkan akselerasi yang signifikan. Selama langkah ini, tingkat turbulensi tampak meningkat seiring dengan campuran bahan bakar. Pada 420° , kecepatan maksimum adalah 84,8 m/s. Gambar 6.g menunjukkan kontur besaran kecepatan pada 520° . Piston kembali ke TMA dengan mengompresi campuran udara-bahan bakar ke dalam kepala silinder selama tahap ini, yang merupakan awal dari langkah kompresi. Katup masuk dan keluar akan ditutup pada saat ini. Pada 520° , kecepatan maksimum adalah 50,8 m/s.

Gambar 6.h menunjukkan kontur besaran kecepatan pada $628,5^\circ$. Campuran tampaknya telah mencapai proses pencampuran yang seragam dengan turbulensi tinggi pada saat ini. Pada $628,5^\circ$, kecepatan maksimum ditemukan 15,7 m/s.

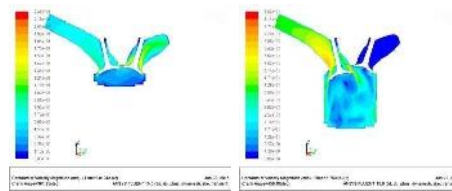
Gambar 6.i menunjukkan kontur besaran kecepatan pada 720° . Pada 720° , kecepatan maksimum adalah 8,04 m/s.



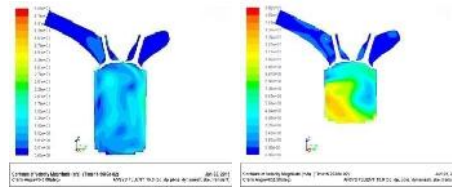
Gambar 6.a & Gambar 6.b



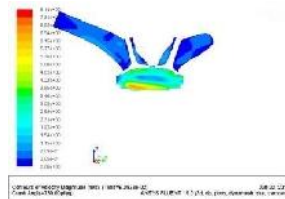
Gambar 6.c & Gambar 6.d



Gambar 6.e & Gambar 6.f

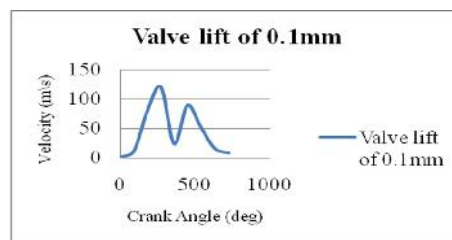


Gambar 6.g & Gambar 6.h



Gambar 6.i

Gambar 7 menggambarkan plot besaran kecepatan untuk berbagai sudut engkol mulai dari 0° hingga 720° dengan pengangkatan katup 0,1 mm. X-pivot menunjukkan Wrench Point dalam "derajat" dan sumbu Y menunjukkan Batas Kecepatan dalam "m/s". Pada sudut $275,5^\circ$, diperoleh kecepatan maksimum sebesar 125 m/s.



Gambar 7. Sudut Engkol dalam Hubungannya dengan Magnitudo Kecepatan

Velocity Contours untuk pengangkatan katup 0,2 mm

Valve lift model Mesin Pembakaran Internal yang sama ditingkatkan menjadi 0,2 mm dari 0,1 mm. Kecuali valve lift minimum, spesifikasi teknis yang dipertimbangkan untuk Mesin Pembakaran Internal (Mesin Diesel) untuk tujuan analisis dinamika fluida identik dengan yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Langkah ekspansi dimulai pada $3,5^\circ$, dan katup masuk dan keluar tetap tertutup pada sudut ini. Dengan bertambahnya volume silinder, piston bergerak dari TMA ke TMB. Menurut Gambar 8.a, kecepatan maksimum yang dicapai pada $3,5^\circ$ adalah 0,92 m/s.

Gambar 8.b menunjukkan kontur kecepatan pada sudut engkol 90° . Pada titik ini, langkah ekspansi terjadi di tengah silinder, tempat piston bergerak dari TMA ke TMB. Pada 90° , kecepatan maksimumnya adalah 10,2 m/s.

Gambar 8.c menunjukkan kontur besaran kecepatan pada 180° . Pada titik ini, langkah buang terjadi di mana katup buang terbuka, membentuk antarmuka antara ruang dan lapisan katup. Selain itu, langkah waktu dikurangi untuk stabilitas solusi. Pada sudut 180° , kecepatan maksimum yang diukur adalah 77,6 m/s.

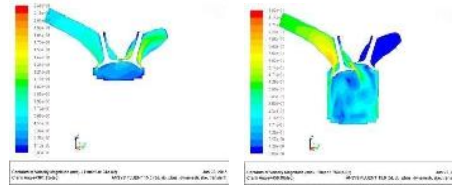
Gambar 8.d menunjukkan kontur besaran kecepatan pada $275,5^\circ$. Pada titik ini, katup buang terbuka, menyebabkan cairan di dalam ruangan berubah bentuk dan menjadi sekaku mungkin. Pada $275,5^\circ$, kecepatan maksimumnya adalah 115,2 m/s. Gambar 8.e menunjukkan kontur besaran kecepatan pada $360,75^\circ$. Pada mesin diesel 4 tak, ini menandakan akhir langkah buang dan bahkan penyelesaian setengah siklus. Pada $360,75^\circ$, kecepatan maksimumnya adalah 22,1 m/s.

Gambar 8.f menunjukkan kontur 420° dari besarnya kecepatan. Sebuah jet annular dibuat ketika campuran udara dan bahan bakar ditarik ke dalam. Campuran dan penyebaran jet juga bisa dilihat. 82,7 m/s adalah kecepatan tertinggi yang diukur pada 420° .

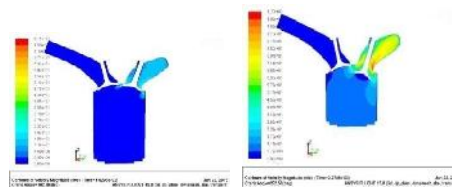
Gambar 8.g menunjukkan kontur 520° dari besarnya kecepatan. Katup masuk dan keluar sekarang ditutup pada titik ini. Pada 520° , kecepatan maksimum adalah 47,5 m/s.

Gambar 8.h menunjukkan kontur besaran kecepatan pada $628,5^\circ$. Ini adalah awal dari langkah kompresi. Mengompresi campuran bahan bakar dan udara ke dalam kepala silinder, piston kembali ke atas silinder. Pada $628,5^\circ$, kecepatan maksimumnya adalah 14,9 m/s.

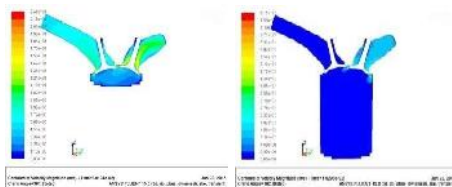
Gambar 8.i menunjukkan kontur besaran kecepatan pada 720° . Ini adalah akhir dari siklus penuh mesin diesel empat tak dan langkah kompresi. Pada 720° , kecepatan maksimumnya adalah 7,51 m/s.



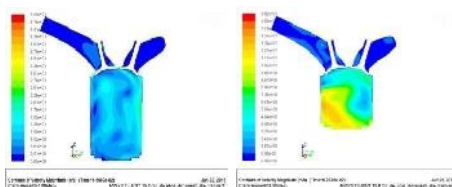
Gambar 8.a & Gambar 8.b



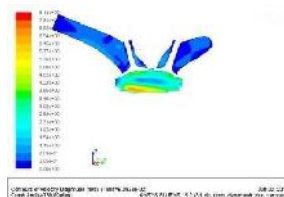
Gambar 8.c & Gambar 8.d



Gambar 8.e & 8.f

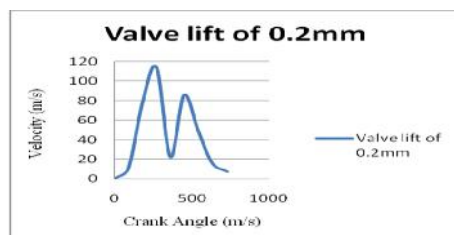


Gambar 8.g & 8.h



Gambar 8.i

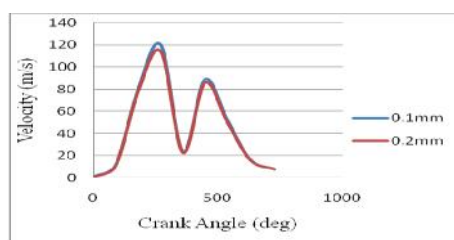
Gambar 9 menggambarkan plot besaran kecepatan untuk berbagai sudut engkol mulai dari 0° hingga 720° dengan lift katup 0,2 mm. Sudut engkol ditunjukkan pada sumbu X dalam "derajat", dan besaran kecepatan ditunjukkan pada sumbu Y dalam "m/s". Pada sudut $272,5^\circ$, diperoleh kecepatan maksimum sebesar 114 m/s.



Gambar 9. Sudut Engkol dalam Hubungannya dengan Magnitudo Kecepatan

Perbandingan untuk lift katup 0.1mm, 0.2mm

Plot batas kecepatan untuk titiktitik kunci pas yang berbeda pada lift katup yang berbeda dipertimbangkan dalam Gambar 10. Sudut engkol ditunjukkan pada sumbu X dalam "derajat", dan besaran kecepatan ditunjukkan pada sumbu Y dalam "m/s". Puncak tertinggi pada paruh siklus pertama adalah 260° , dan puncak tertinggi pada paruh siklus kedua adalah 440° . Artinya, langkah buang dan langkah masuk memiliki dampak terbesar pada pencampuran udara dan turbulensi di ruang bakar. Menurut Gambar 10, kecepatan menurun saat lift katup meningkat.



Gambar 10 Perbandingan Valve Lift

SIMPULAN

Kesimpulan berikut dicapai setelah pemeriksaan menyeluruh dari masing-masing empat langkah dan pengaruhnya terhadap gerakan udara di dalam silinder:

1. Besarnya kecepatan dan gerak dinamis diplot untuk berbagai sudut engkol, dari 0° hingga 720° .
2. Kecepatan yang diperoleh berkurang saat katup terangkat.
3. Langkah buang memiliki dampak terbesar pada pencampuran udara dan turbulensi ruang bakar.
4. CFD adalah alat yang berguna untuk menyesuaikan parameter terkait kinerja mesin.

DAFTAR PUSTAKA

Karthikeyan CP, Lakshman A and

Davidson Jebaseelan, “CFD studies on In-cylinder air motion during different strokes of an IC Engine”, SET Conference, VIT University Chennai, (2012).

Pathak Yogesh R, Deore Kailas D and Patil Vijayendra M “In cylinder cold flow CFD simulation of IC Engine using Hybrid Approach” 2321-7308.

Shahrir Abdullah and Azhari Shemsudeen “A computational fluid dynamics study of cold flow analysis for mixture preparation in a motored four stroke DI Engine”, journals of applied science, 27102724, (2004).

Nureddin Dinler, and Nuri Yucel, “Numerical Simulation of Flow and Combustion in an Axisymmetric Internal Combustion Engine”, World Academy of Science, Engineering and Technology 36 (2007).

ANSYS user’s guide, ANSYS, Inc. Southpointe, Canonsburg, PA 15317, (2012).