

Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Sudut Semburan Minyak Jelantah

I Komang Juniarta, I Ketut Gede Wirawan, Ainul Ghurri
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Abstrak

Energi terbarukan dari minyak nabati salah satunya adalah minyak jelantah, yang mampu memberikan solusi krisis energi pada masa depan. Minyak jelantah yang digunakan secara teknis telah memenuhi syarat dijadikan sebagai bahan bakar nabati, namun demikian kekentalan, kerapatan serta kadar asam lemak bebas yang tinggi, dan kendala senyawa pengotor yang masih tinggi maka sulit teratomisasi pada saat digunakan. Minyak jelantah sebelum diinjeksikan pada nosel penyemprotan bahan bakar perlu mendapatkan perlakuan, maka dari itu Penelitian ini menguji penyemprotan bahan bakar minyak jelantah dengan pemanasan awal dan memberikan variasi tekanan injeksi pada nosel. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan karakteristik semburan minyak jelantah pada ujung nosel, dengan pemberian variasi tekanan. Peralatan yang digunakan pada penelitian adalah: kompresor, pressure regulator, tangki bahan bakar, pressure gauge, pipa line, pipa lilitan, heater, keran, nosel, thermocouple, data logger, kamera dan layar warna hitam. Penelitian dilakukan dengan cara memanaskan minyak jelantah pada pipa lilitan dengan menggunakan heater sampai temperatur 350°C, selanjutnya diberikan tekanan 3, 4, dan 5 bar serta nosel yang digunakan berukuran 0.5 mm, sehingga minyak jelantah yang sudah diberikan pemanasan keluar pada ujung nosel akan membentuk sudut semburan. Hasil pengujian yang dilakukan mengenai pengaruh tekanan terhadap sudut semburan minyak jelantah diperoleh bahwa, variasi tekanan yang diberikan berpengaruh terhadap sudut semburan minyak jelantah. Peningkatan tekanan dari 3 bar, 4 bar dan 5 bar, menyebabkan peningkatan sudut semburan pada ujung nosel.

Kata Kunci: Minyak Jelantah, Nosel, Sudut Semburan.

Abstract

Renewable energy from vegetable oil is waste cooking oil, which can provide a solution to the energy crisis in the future. The waste cooking oil that is technically qualified is biofuel; however, its viscosity, density and free fatty acid level are high, and its impurity compound is difficult to be atomized at the time of use. The waste cooking oil which is injected in the nozzle spraying fuel needs treatment; therefore, this study tests the fuel of spraying cooking oil with preheating and provides injection of pressure variations at the nozzle. The purpose of this study was to determine the change of the spraying characteristic of the waste cooking oil on the tip of the nozzle with the provision of pressure. The equipment used in the research includes compressor, pressure regulator, fuel tank, pressure gauge, pipe line, pipe coil, heater, valve, nozzle, thermocouple, data logger, camera and display color black. The study was conducted by heating the cooking oil in the pipe coil using a heater at a temperature of 350°C, then pressure 3, 4, and 5 bar the nozzle which is 0.5 mm in size is used, so that the waste cooking oil that has been heated at the end of the nozzle will form an spraying angle. The result of the test shows that varied pressures affects the spraying angle of the waste cooking oil. The increased pressure of 3 bar, 4 bar and 5 bar causes the spraying angle to increase. The diameter of the nozzle rises from 0.4 mm to 0.6 mm at a pressure of 3 bar and 4 bar; however, different things happens at a pressure of 5 bar with a nozzle 0.6 mm, causing the spraying angle on the tip of the nozzle to rise.

Keywords: Waste Cooking Oil, Nozzle, Spray Angle.

1. Pendahuluan

Sumber energi utama di berbagai negara masih tergantung pada bahan bakar fosil. Sumber energi yang digunakan pada transportasi dan mesin-mesin industri pun masih dominan menggunakan bahan bakar fosil. Banyaknya eksploitasi yang dilakukan, menyebabkan keberadaan minyak bumi semakin terancam dan harganya menjadi meningkat secara tajam. Tingginya pemanfaatan bahan bakar fosil mengakibatkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan seperti: pencemaran lingkungan, pemanasan global, hujan asam, dan berdampak buruk pada kesehatan manusia. Minyak jelantah merupakan limbah yang mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Pemakaian minyak jelantah secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan pada

tubuh manusia, misalnya dapat menyebabkan penyakit kanker, dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan generasi berikutnya [1]. Penanganan yang tepat diperlukan agar limbah minyak jelantah ini dapat bermanfaat dan tidak menimbulkan kerugian dari aspek kesehatan manusia dan lingkungan. Sebelum minyak jelantah ini dijadikan sebagai bahan bakar, maka perlu diketahui karakteristik dari minyak tersebut. Sifat fisik minyak jelantah yang sangat kental masih sulit teratomisasi pada saat diinjeksikan pada nosel maka perlu perlakuan sebelum minyak diinjeksikan pada nosel. Perlakuan yang diberikan adalah pemanasan awal (*preheating*) terhadap minyak jelantah untuk menurunkan viskositasnya agar mudah teratomisasi pada saat diinjeksikan pada nosel.

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana perubahan karakteristik semburan minyak jelantah pada ujung nosel dengan pemberian variasi tekanan. Permasalahan yang ada perlu diberikan batasan agar permasalahan tersebut nantinya memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang akan dikaji. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Jenis Minyak yang digunakan dalam penelitian adalah minyak jelantah yang didapat dari yayasan Lengis Hijau Denpasar.
- Luas bidang pipa minyak jelantah yang mendapat pemanasan 305,2 cm².
- Temperatur Pemanasan pipa minyak jelantah 350°C.
- Diameter lubang nosel yang digunakan dalam penelitian dengan ukuran 0,50 mm,
- Variasi tekanan yang diberikan 3 bar, 4 bar, dan 5 bar.

2. Dasar Teori

Minyak jelantah (*waste cooking oil*) adalah minyak bekas atau limbah yang berasal dari jenis-jenis minyak goreng, seperti minyak jagung, minyak sayur, minyak kelapa, minyak sawit serta minyak lainnya yang biasa dijadikan minyak goreng. Minyak jelantah merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga, industri makanan, restoran, serta industri lain yang menggunakan minyak goreng untuk mengolah makanan. Penggunaan minyak jelantah di masyarakat masih banyak dijumpai, terutama digunakan kembali untuk keperluan mengolah makanan. Minyak goreng bekas relatif mudah dan murah didapat maka sudah selayaknya pemerintah, masyarakat, industri dan peneliti juga mulai memperhatikan potensi pengembangannya [2].

2.1 Nosel

Nosel adalah alat untuk meningkatkan kecepatan fluida dan menurunkan tekanan [3]. Hal-hal penting yang berhubungan dengan persamaan energi untuk nosel adalah sebagai berikut :

- $\dot{Q} \cong 0$. Rate perpindahan panas antara fluida yang melalui nosel dengan lingkungan pada umumnya sangat kecil, bahkan meskipun alat tersebut tidak diisolasi. Hal tersebut disebabkan karena kecepatan fluida yang relatif cepat.
- $\dot{W} = 0$. Kerja untuk nosel tidak ada, karena bentuknya hanya berupa saluran sehingga tidak melibatkan kerja poros ataupun kerja listrik.
- $\Delta ke \neq 0$. Kecepatan yang terjadi dalam nosel sangat besar, sehingga perubahan energi kinetik tidak bisa diabaikan.
- $\Delta pe \cong 0$. Pada umumnya perbedaan ketinggian ketika fluida mengalir melalui nosel kecil, sehingga perubahan energi potensial dapat diabaikan.

2.2 Atomisasi (Pengabutan) Cairan

Atomisasi adalah proses pembuatan tetesan fluida cair di dalam fase gas. Tujuan atomisasi ini untuk meningkatkan luas permukaan cairan dengan cara memecahkan butiran cairan menjadi banyak butiran kecil. Proses atomisasi dimulai dengan mendorong cairan dengan tekanan melalui sebuah nosel.

Energi potensial cairan (diukur sebagai tekanan cairan untuk nosel hidrolis atau tekanan udara dan cairan untuk nosel pneumatik) dengan bantuan geometri nosel menyebabkan cairan diubah menjadi bongkahan-bongkahan kecil. Bongkahan dipecah menjadi pecahan yang sangat kecil disebut dengan butir (*drop*), butiran (*droplet*), atau partikel cairan. Proses atomisasi saat cairan keluar melalui *nozzle* terjadi tiga tahapan yaitu: lembaran tipis (*sheet*) akan membentuk ikatan (*ligament*) dan kemudian *ligament* pecah menjadi tetesan / butiran (*droplet*) [4].

Setiap semburan (*spray*) menghasilkan suatu rentang besar butir, rentang ini dinyatakan sebagai distribusi besar butir (*drop size distribution*). Distribusi besar butiran tergantung pada jenis nosel dan sangat bervariasi untuk setiap jenisnya. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi besar butir adalah sifat-sifat fisik cairan, dan kondisi operasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran butiran (*droplet*) yang meliputi sifat-sifat cairan, seperti tegangan permukaan, viskositas, dan kerapatan [5].

Tegangan permukaan zat cair adalah kecenderungan permukaan zat cair untuk menegang, sehingga permukaannya seperti ditutupi oleh suatu lapisan elastis. Tegangan permukaan cenderung untuk menstabilkan cairan, mencegah cairan menjadi butiran-butiran yang lebih kecil. Cairan dengan tegangan permukaan yang lebih tinggi cenderung memiliki ukuran rata-rata tetesan yang lebih besar pada atomisasi. Tegangan permukaan suatu fluida berbanding terbalik dengan suhunya, jika suhu fluida naik maka tegangan permukaannya semakin kecil. Besarnya tegangan permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis cairan, suhu, tekanan, massa jenis, konsentrasi zat terlarut, dan kerapatan. Jika cairan memiliki molekul besar seperti air, maka tegangan permukaannya juga besar. Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya tegangan permukaan adalah massa jenis/ densitas, semakin besar densitas berarti semakin rapat muatan-muatan atau partikel-partikel dari cairan tersebut. Kerapatan partikel ini menyebabkan makin besarnya gaya yang diperlukan untuk memecahkan permukaan cairan tersebut. Hal ini karena partikel yang rapat mempunyai gaya tarik menarik antar partikel yang kuat. Sebaliknya cairan yang mempunyai densitas kecil akan mempunyai tegangan permukaan yang kecil pula.

Viskositas fluida memiliki pengaruh sama pada ukuran butiran *droplet* seperti pada tegangan permukaan. Viskositas menyebabkan fluida melawan

agitasi, cenderung untuk mencegah pemecahan cairan dan mengarah ke ukuran *droplet* yang rata-rata lebih besar. Hubungan antara viskositas dan ukuran *droplet* ketika atomisasi terjadi adalah semakin tinggi viskositas maka akan terbentuk droplet yang lebih besar. Viskositas cairan adalah suatu angka yang menyatakan besarnya perlawanan atau hambatan serta ketahanan suatu bahan bakar minyak untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan bakar minyak. Untuk bahan bakar, viskositas mengindikasikan kemudahan untuk dipompa dan diatomisasikan. Viskositas cairan menurun dengan meningkatnya temperatur [6].

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki densitas lebih rendah.

Densitas menyebabkan cairan mempertahankan akselerasi. Densitas serupa dengan sifat-sifat baik tegangan permukaan dan viskositas. Densitas yang tinggi cenderung menghasilkan ukuran tetesan yang rata-rata lebih besar. Selain itu tekanan juga mempengaruhi ukuran *droplet*. Peningkatan tekanan akan memperkecil ukuran *droplet* sedangkan penurunan tekanan akan memperbesar ukuran *droplet* [7].

2.3 Spray Characteristics

Semburan (*spray*) adalah kumpulan gerakan tetesan yang biasanya merupakan hasil dari atomisasi, tetesan ini bergerak secara terkendali. Semburan terjadi secara alami seperti air hujan dan semburan air laut.

2.3.1 Spray Angle

Sudut semburan (*spray angle*) adalah sudut yang terbentuk dari semburan pada nosel.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sudut semburan (*spray angle*) adalah Tekanan, diameter lubang nosel, viskositas. Tekanan dan diameter lubang nosel dapat mempengaruhi sudut semburan [9]. Peningkatan tekanan dan pembesaran diameter lubang nosel pada injektor akan meningkatkan sudut semburan.

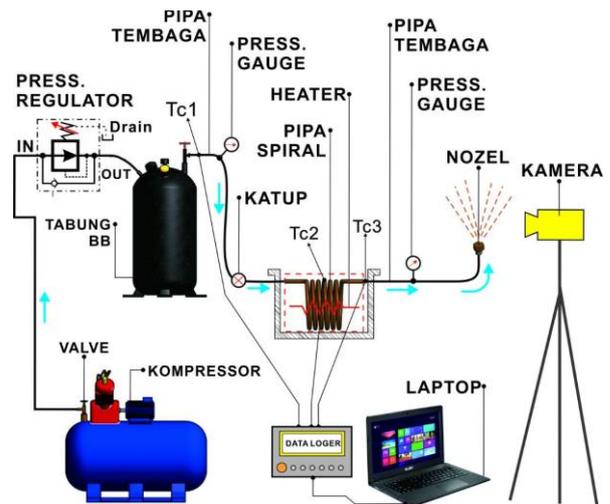
3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu metode eksperimental dengan minyak jelantah sebagai bahan penelitian. Tahap penelitian dibagi menjadi 2 (dua) yaitu (i) tahap *Setup* Peralatan, (ii) tahap pengujian.

Set up Alat Penelitian

Gambar 1 menunjukkan *set up* dari alat penelitian. Minyak jelantah (*waste cooking oil*)

dimasukkan kedalam tabung bahan bakar, *heater* dihidupkan. Dengan menggunakan kompresor udara bertekanan diinjeksikan kedalam tabung bahan bakar yang besarnya divariasikan 3 bar, 4 bar dan 5 bar yang dapat dilihat pada manometer. Tekanan yang masuk kedalam tabung diatur pada *pressure regulator*. Katup dibuka minyak bertekanan akan keluar dari tabung mengalir melalui *pipeline* kemudian lilitan pipa, minyak sebelum keluar nosel dipanaskan dengan *heater* dengan temperatur 350°C pada lilitan pipa. Selanjutnya uap minyak yang keluar dari nosel akan membentuk sudut semburan.



Gambar 1. Set Up Alat Penelitian

Tahap Pengujian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak jelantah di ambil dari yayasan Lengis Hijau Denpasar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Minyak Jelantah

Pengujian sudut semburan (*spray angle*) minyak jelantah dilakukan dengan variasi tekanan 3 bar, 4 bar dan 5. Diameter nosel yang digunakan ukuran 0.5 mm. Langkah – langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

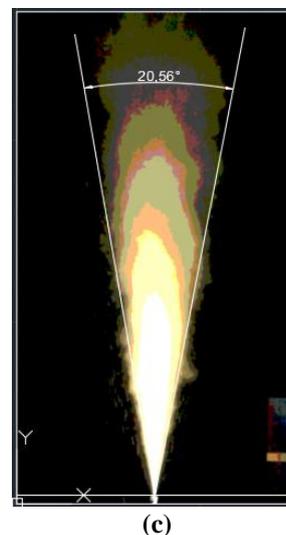
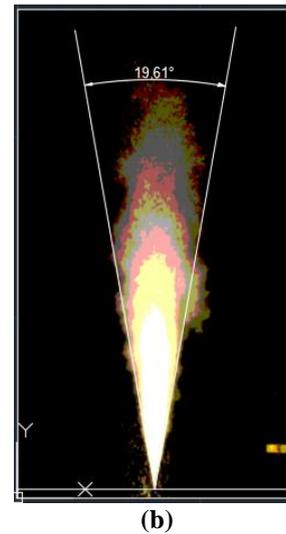
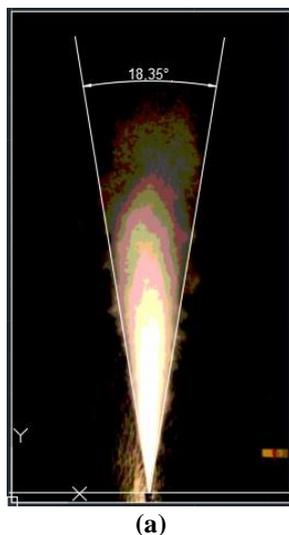
- Masukkan 1 liter minyak jelantah ke dalam tabung.
- Panaskan *pipe line* dengan heater mencapai suhu 350°C.

- c. Buka katup kompresor sehingga udara mengalir kemudian masuk kedalam tabung.
- d. Atur tekanan pada *pressure regulator* yaitu sebesar 3 bar pada saat ini katup sebelum *pressure gauge* dalam posisi terbuka penuh sehingga udara yang masuk sudah bisa dibaca sebesar 3 bar pada *pressure gauge*.
- e. Buka katup setelah *pressure gauge* secara penuh, sehingga minyak jelantah bertekanan akan keluar dari tabung mengalir melalui pipa lilitan yang dipanaskan kemudian keluar dari nosel. Pada saat ini tekanan dapat diamati pada *pressure gauge* setelah lilitan pipa.
- f. Ketika semburan minyak jelantah keluar dari nosel, rekam semburan menggunakan kamera menjadi file video dengan durasi 5 s/d 10 detik. Pada saat yang bersamaan data logger sudah membaca temperatur di setiap titik, Gambar 3.15 menunjukkan cara *capture spray*.
- g. Lakukan langkah 1-6 untuk masing-masing variasi tekanan.

Video *spray* dari hasil *rekaman* menggunakan kamera akan diproses dengan beberapa *software* yaitu: *Vidoeпад, Free Studio, Adobe Photoshop CS4*, selanjutnya sudut semburan diukur menggunakan *software AutoCAD*.

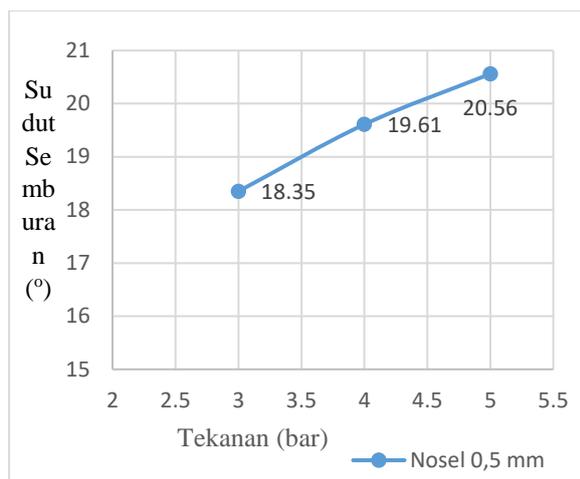
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian semburan minyak jelantah pada diameter nosel 0,5 mm, dengan memberi variasi tekanan dari 3 bar, 4 bar dan 5 bar, serta dengan pemanasan awal konstan yaitu 350° C dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sudut Semburan pada Diameter Nosel 0.5 mm dengan Tekanan (a) 3 bar, (b) 4 bar, (c) 5 bar.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada diameter lubang nosel 0.5 mm terjadi peningkatan sudut semburan dengan pemberian perubahan tekanan dari 3 bar, 4 bar dan 5 bar. Pada tekanan 3 bar sudut semburan yang dibentuk sebesar 18,35°, pada saat tekanan dinaikkan menjadi 4 bar maka sudut semburan yang terbentuk sebesar 19,61° sehingga terjadi peningkatan sudut sebesar 1,21° atau terdapat peningkatan sudut sebesar 6,87%. Ketika tekanan dinaikkan dari 4 bar menuju 5 bar maka sudut semburan yang terbentuk sebesar 20,56°, sehingga terjadi kenaikan sudut semburan sebesar 0,95° atau terjadi peningkatan sudut sebesar 4,84%.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Sudut Semburan Minyak Jelantah

Peningkatan tekanan dari 3 bar kemudian dinaikkan menjadi 4 bar dan 5 bar akan meningkatkan sudut semburan pada ujung nosel. Peningkatan sudut semburan dipengaruhi oleh ukuran *droplet* akibat peningkatan tekanan, semakin besar tekanan akan memperkecil ukuran *droplet* sedangkan penurunan tekanan akan memperbesar ukuran *droplet* [7]. Tekanan yang tinggi akan mempermudah proses atomisasi dan menghasilkan ukuran *droplet* yang lebih halus. Bahan bakar dengan *droplet* yang halus akan sangat mudah terbakar pada proses pembakaran.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh variasi tekanan terhadap sudut semburan minyak jelantah dapat disimpulkan: Tekanan mempengaruhi sudut semburan yaitu Terjadi peningkatan sudut semburan, pada tekanan 3 bar terbentuk sudut semburan sebesar 18,35°, kemudian tekanandinaikkan menjadi 4 bar maka sudut semburan yang terbentuk sebesar 19,61° dan ketika tekanan dinaikkan lagi menjadi 5 bar maka sudut semburan yang terbentuk sebesar 20,56°. Peningkatan sudut terjadidisetiap peningkatan tekanan yang diberikan.

Daftar Pustaka

- [1] Julianus, D., *Optimasi proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah*, Universitas Kristen Indonesia Paulus, 2006.
- [2] Wijaya, Karna., *Mengaktualkan Kembali Konversi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel*, PSE-UGM, 2011.
- [3] Sudjito, *Hukum Termodinamika I : Sistem Terbuka (Volume Atur), Fisika Dasar*, Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2014.

- [4] Schick, Rudolf J., *Spray Technology Reference Guide: Understanding Drop Size*, Spraying Systems Co, 2008.
- [5] Graco, *Atomization*. Graco Inc. Minneapolis, USA, 1995.
- [6] White, Frank M., *Mekanika Fluida*, Erlangga, 1988.
- [7] Olson, E. O., *Fuel Nozzles for Oil Burners*, Bamberg, South Carolina, 1999.
- [8] Vinukumar, K., *Experimental Evaluation on Different Viscous Fluids Spray Characteristics in Injector Using Constant Volume Chamber*, IOSR, Journal of Mechanical and Civil Engineering, Technology Journal, 2012.