

PENGARUH MICROEXPLOSION TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BAHAN BAKAR MINYAK JARAK PAGAR (*JATHROPA CURCAS L.*) PADA BERBAGAI DIAMETER DROPLET

AHMAD ADIB ROSYADI

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

ABSTRAK

*Insights to develop alternative energy sources comes as the depletion of fossil fuel reserves . One is the use of *Jatropha* or *Jatropha curcas* Linnaeus . Plants that can be grown on degraded land and does not require much water and fertilizer proved to be extremely effective if the fruit or seeds developed into biodiesel as an alternative energy to replace diesel oil, fuel oil , even kerosene. *Jatropha* oil has properties that approach the characteristics of liquid fuel especially diesel oil . This prompted the researchers conducted a study of castor oil to find alternative fuels as a substitute for petroleum. In this study the method used is a true experimental research , by comparing one or more test groups with treatment and without treatment . This study uses a variation of the independent variable droplet diameter to the size of 1.75 mm, 1.88 mm , and 1.98 mm . Dependent variable is the temperature of combustion , burning time , the sound frequency fluctuations and flame visualization*

The results showed that the larger the droplet diameter greater likelihood microexplosion . From observation of the flame burning with microexplosion found that the larger the droplet diameter , the height and width of the flame will tend to increase. Microexplosion make a bigger flame. Burning castor oil to produce ignition delay time microexplosion sooner. Microexplosion castor oil combustion also generates burning with a good rate . It is approaching the character of diesel oil , the ignition delay time is fast but the diesel combustion temperature is lower than pure castor oil.

Keywords : microexplosion, burning rate, castor oil

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, kebutuhan manusia akan energi semakin meningkat. Seperti yang telah diketahui sebagian besar pemenuhan energi tersebut berasal dari bahan bakar fosil yang ketersediaannya tidak dapat diperbarui dan keberadaannya semakin menipis. Kondisi ini mendorong kita untuk mengganti, menemukan dan mengembangkan sumber energi baru.

Berbagai upaya telah dilakukan oleh para peneliti untuk mencari alternatif pengganti bahan bakar minyak tersebut, salah satunya dengan menggunakan bahan bakar alternatif dari tumbuh-tumbuhan dalam hal ini minyak jarak pagar. Minyak jarak pagar memiliki sifat yang mendekati karakteristik dari bahan bakar cair khususnya minyak diesel. Hal ini mendorong para peneliti melakukan penelitian terhadap minyak jarak untuk menemukan bahan bakar alternatif sebagai pengganti minyak bumi. Bahan bakar alternatif harus bersifat dapat diperbarui dan ramah lingkungan. Sedangkan tanaman jarak pagar mudah dibudidayakan dengan demikian tanaman jarak pagar mudah diperbarui. Selain itu minyak jarak tidak

dikonsumsi oleh manusia sehingga tidak mengalami persaingan dengan minyak untuk pangan.

Salah satu karakteristik pembakaran yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran adalah *microexplosion*. Pada perkembangan selanjutnya Agung Sudrajat (mahasiswa program doktor di Kobe University Faculty of Maritime Sciences) menemukan bahwa *microexplosion* dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi nitrogen oksida akibat pembakaran pada suhu tinggi. Manfred Aigner dkk (2006) menyatakan bahwa *Microexplosion* terjadi bila terdapat perbedaan titik didih komposisi penyusun bahan bakar, yaitu air dan bahan bakar. *Microexplosion* menyebabkan terbentuknya butiran bahan bakar yang sangat kecil, sehingga menyebabkan makin mudahnya pembakaran pada suhu tinggi.. Pada minyak jarak dapat terjadi *microexplosion* karena perbedaan titik didih antara *fatty acid* dan *glycerol*nya. Hojat Ghassemi dkk (2006) mendapatkan bahwa perubahan diameter *droplet* berpengaruh terhadap karakteristik *microexplosion*. Dalam penelitian ini bahan bakar yang digunakan adalah campuran air dan *normal heptane* dan *normal hexadecane*.

Diameter *droplet* yang digunakan adalah 1,1mm hingga 1,3mm. *Microexplosion* pada *droplet* yang memiliki diameter besar lebih sering terjadi daripada *droplet* yang berdiameter kecil.

Berdasarkan penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa *microexplosion* berpengaruh terhadap karakteristik pembakaran minyak jarak pagar dengan diameter *droplet* yang bervariasi. Sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh *microexplosion* terhadap karakteristik pembakaran bahan bakar minyak jarak pagar pada berbagai diameter *droplet*.

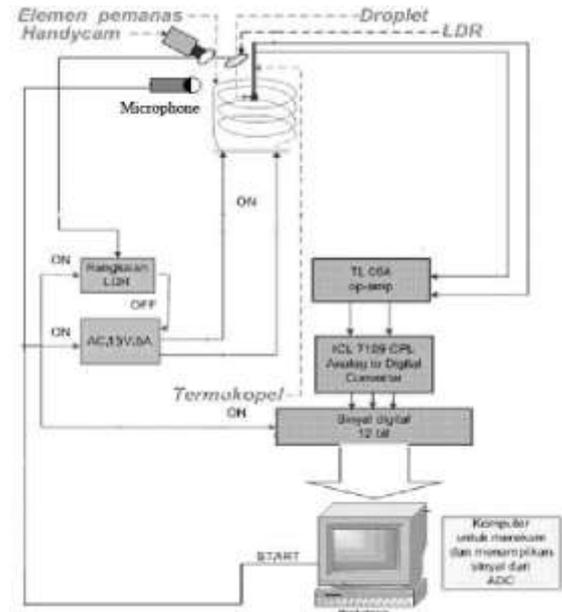
METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah *true experimental research*, yaitu dengan membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan. Penelitian ini menggunakan variabel bebas berupa variasi diameter *droplet* dengan ukuran 1,75 mm; 1,88 mm; dan 1,98mm. Variabel terikatnya adalah temperatur pembakaran, waktu pembakaran, fluktuasi frekuensi dan visualisasi nyala api

Alat-alat yang digunakan :

1. Botol Elemeyer
2. Alat Pembentuk *Droplet*.
3. *Thermo Couple*
4. Stavolt
5. Power Supply
6. Elemen Pemanas
7. Perangkat Sensor
8. Perangkat Sistem Kontrol
9. Komputer
10. *Microphone*
11. *Handycam*
12. Kamera digital

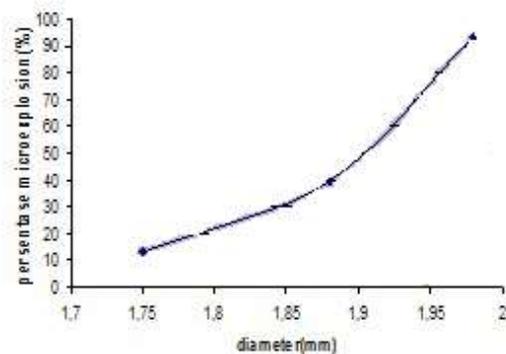
INSTALASI PENELITIAN



Gambar 1. Rangkaian Alat Uji Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara intensitas *microexplosion* terhadap variasi diameter *droplet*



Gambar 2. Grafik hubungan intensitas *microexplosion* terhadap diameter *droplet* pada pembakaran minyak jarak pagar.

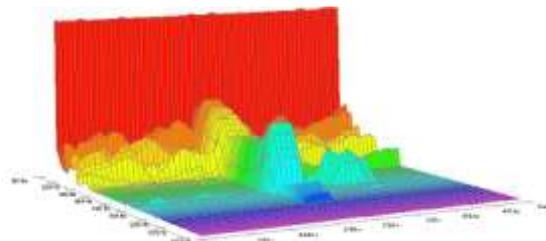
Pada grafik hubungan intensitas *microexplosion* terhadap diameter *droplet* dapat diketahui karakteristik *microexplosion* pada diameter *droplet* yang berbeda. Semakin besar diameter *droplet* maka intensitas *microexplosion* yang terjadi semakin banyak. Pada diameter 1,75mm *microexplosion* yang terjadi hanya 2 kali dari 15 kali pengujian (13,333%). Sedangkan pada diameter yang lebih besar (1,88mm) *microexplosion* yang terjadi meningkat menjadi 6 kali dari 15 kali pengujian (40%). Pada diameter 1,98mm intensitas *microexplosion* yang terjadi semakin banyak, yaitu 14 kali dari 15 kali pengujian (93,333%). Dari grafik ini dapat disimpulkan

bahwa semakin besar diameter *droplet* maka intensitas *microexplosion* yang terjadi semakin banyak. Hal ini dikarenakan dengan diameter *droplet* yang besar menyebabkan laju pembakaran yang lambat sehingga memberikan waktu bagi *fatty acid* untuk menyusup ke dalam *glycerol* dan menciptakan *microexplosion*. Sedangkan pada diameter *droplet* yang kecil maka laju pembakaran menjadi cepat sehingga *fatty acid* habis terbakar dahulu sebelum sempat menyusup ke dalam *glycerol* untuk menciptakan *microexplosion*. Hal ini juga disebabkan karena viskositas dari *glycerol* yang lebih tinggi dari *fatty acid*. Semakin besar diameter *droplet* maka komposisi *glycerol* akan semakin banyak pula. Semakin banyak jumlah *glycerol* maka memberi ruang *fatty acid* untuk menyusup dan menimbulkan *microexplosion*. Pada diameter *droplet* yang kecil kadar *glycerol* juga sangat kecil sehingga tidak terdapat tempat bagi *fatty acid* untuk melakukan *microexplosion*.

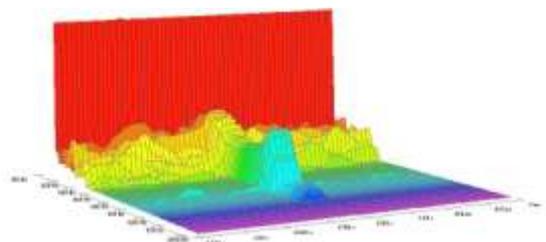
Hubungan antara waktu pembakaran terhadap frekuensi suara pada beberapa variasi diameter *droplet* dengan dan tanpa *microexplosion*.

1,75mm

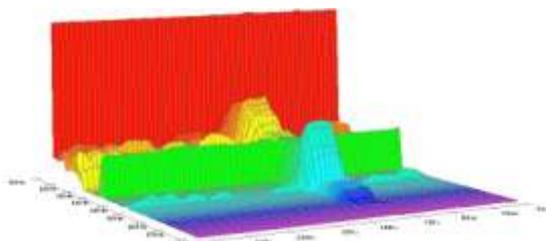
Data 1



Data 2

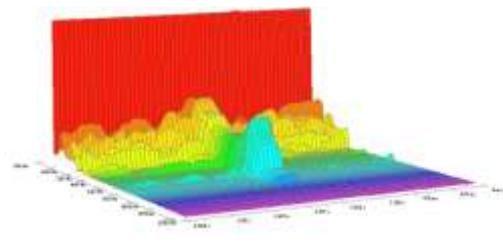


Data 3

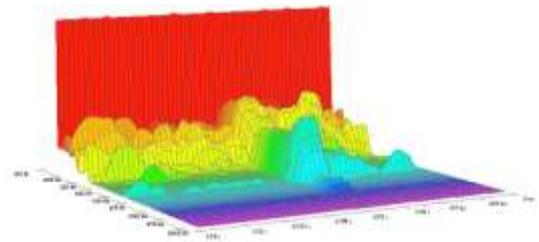


1.88mm

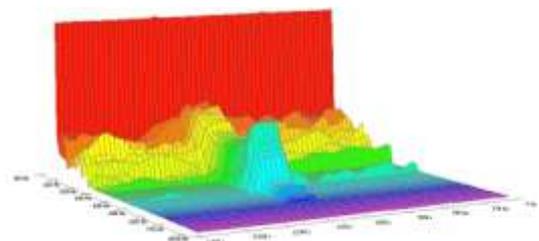
Data 1



Data 2

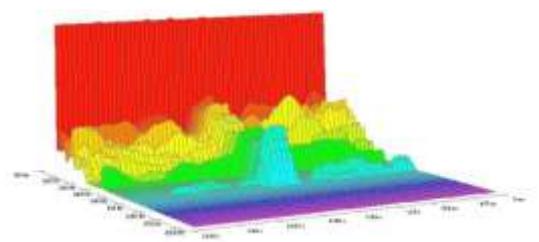


Data 3



1,98mm

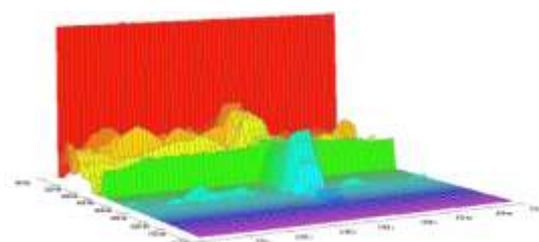
Data 1



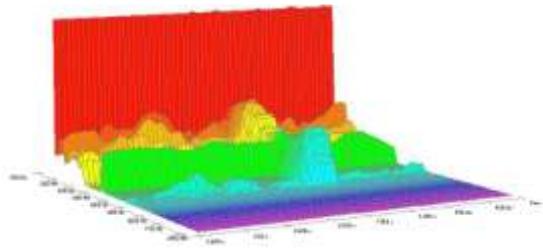
Gambar 3. Masing-Masing grafik hubungan waktu pembakaran terhadap frekuensi suara pada pembakaran minyak jarak tanpa *microexplosion*.

1.75mm

Data 1

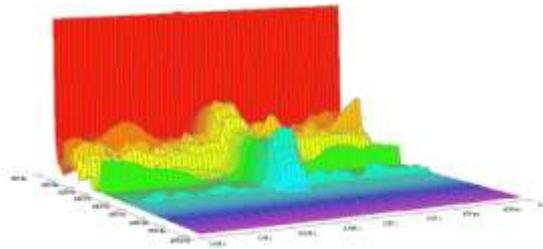


Data 2

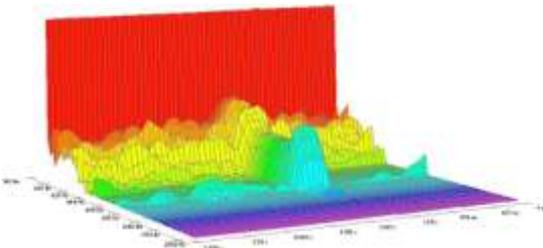


1,88mm

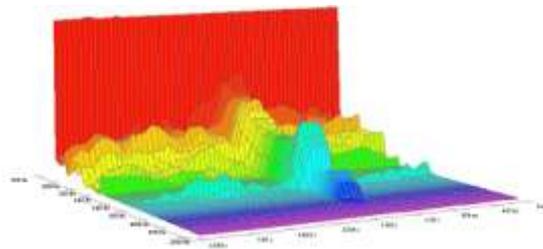
Data 1



Data 2

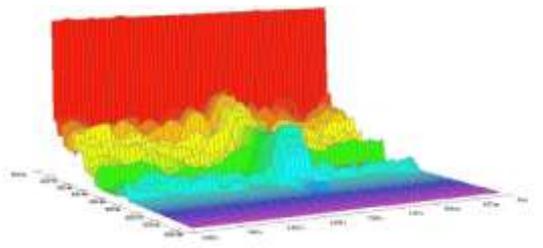


Data 3

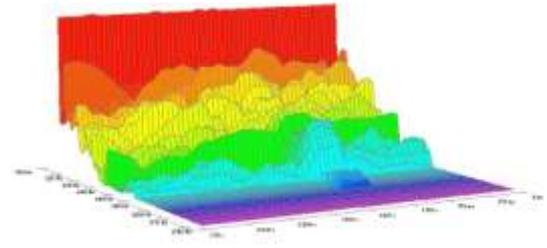


1.98mm

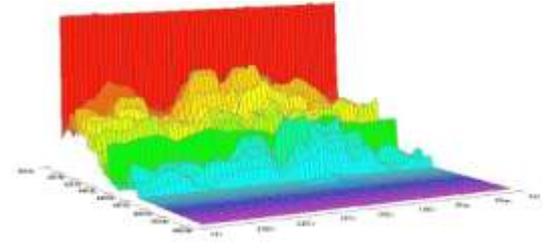
Data 1



Data 2



Data 3

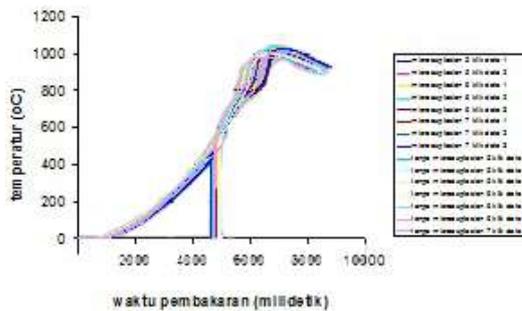


Gambar 4. Masing-Masing grafik hubungan waktu pembakaran terhadap frekuensi suara pada pembakaran minyak jarak dengan *microexplosion*.

Pada grafik perbandingan hubungan frekuensi suara dan waktu pembakaran pada pembakaran minyak jarak tanpa *microexplosion* dan dengan *microexplosion* di atas dapat diketahui perbedaan frekuensi suara tanpa dan dengan *microexplosion* serta karakteristik dari *microexplosion* terhadap besar diameter *droplet*. Pada saat tidak terjadi *microexplosion* terlihat sedikit bahkan tidak terjadi fluktuasi frekuensi setelah ledakan pertama. Sedangkan pada saat terjadi *microexplosion* terlihat fluktuasi frekuensi setelah ledakan awal.

Dengan semakin besarnya diameter *droplet* maka fluktuasi frekuensi yang terjadi semakin besar dan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar diameter *droplet* maka *microexplosion* yang dihasilkan juga semakin kuat. Kuatnya *microexplosion* pada diameter *droplet* yang besar ini disebabkan oleh butiran *fatty acid* yang terperangkap di dalam *glycerol* juga berukuran lebih besar daripada diameter *droplet* yang lebih kecil sehingga memiliki kekuatan yang besar pula dalam melakukan *microexplosion*.

Hubungan antara waktu pembakaran terhadap temperatur pada beberapa variasi diameter droplet dengan dan tanpa microexplosion



Gambar 5. Gabungan grafik hubungan waktu pembakaran terhadap temperatur pembakaran minyak jarak pagar dengan *microexplosion* dan tanpa *microexplosion*.

Pada grafik perbandingan hubungan temperatur pembakaran dan waktu pembakaran pada minyak jarak tanpa *microexplosion* dan dengan *microexplosion* di atas dapat diketahui karakteristik dari pemanasan awal (*preheating*), penguapan (*evaporation*), dan temperatur penyalaan atau *ignition* baik saat terjadi *microexplosion* maupun saat tidak terjadi *microexplosion*. Pada proses pemanasan awal terjadi transfer panas dari elemen pemanas menuju permukaan *droplet* minyak jarak secara radiasi kemudian perpindahan panas secara konduksi dari permukaan *droplet* ke titik pusat diameternya. Kalor yang diberikan oleh elemen pemanas selama pemanasan awal *droplet* mengakibatkan temperatur *droplet* menjadi naik sampai dengan temperatur nyala bahan bakar (*flash point*). Kemudian bahan bakar akan mulai terbakar yang ditandai dengan munculnya nyala api. Mulai terbakarnya bahan bakar dapat dilihat pada grafik yang ditandai garis vertikal yang menunjukkan LDR dalam keadaan menyala yang berarti mulai adanya nyala api.

Dari gambar 5 dapat disimpulkan bahwa dengan adanya *microexplosion* cenderung mempercepat terjadinya proses awal pembakaran. Hal ini dikarenakan pada awal proses pemanasan, kadar *fatty acid* lebih banyak sehingga menyebabkan *droplet* terbakar lebih dahulu dan sebagian menyusup ke dalam glycerol untuk melakukan *microexplosion*. Waktu penyalaan *droplet* ditunjukkan oleh garis vertikal ke atas.

Dari gambar grafik 5 di atas waktu penyalaan *droplet* minyak jarak dengan *microexplosion* dengan diameter *droplet* 1.75 mm berturut-turut adalah 4768 milidetik, dan 4720 milidetik. Untuk diameter *droplet* 1,88 mm berturut-turut adalah 4846 milidetik, 4716

milidetik dan 4810 milidetik. Untuk diameter *droplet* 1,98 mm berturut-turut adalah 4940 milidetik, 4740 milidetik dan 4658 milidetik. Sedangkan pada gambar grafik 4.7 waktu penyalaan *droplet* minyak jarak tanpa *microexplosion* pada diameter *droplet* 1.75 mm berturut-turut adalah 4974 milidetik, 4914 milidetik dan 4982 milidetik. Untuk diameter *droplet* 1,88 mm berturut-turut adalah 4920 milidetik, 4770 milidetik dan 4796 milidetik. Untuk diameter *droplet* 1,98 mm berturut-turut adalah 5030 milidetik.

Kemudian dapat dilihat juga dari grafik di atas temperatur maksimum dari *droplet* minyak jarak dengan *microexplosion* untuk data 1, data 2, data 3 pada diameter 1,75 mm berturut-turut adalah 1017 °C, 1002 °C. Untuk diameter 1,88 mm berturut-turut adalah 1029 °C, 1032 °C, 1020 °C. Untuk diameter 1,98 mm berturut-turut adalah 1024 °C, 1026 °C, 1028 °C. Sedangkan dari grafik di atas temperatur maksimum dari *droplet* minyak jarak tanpa *microexplosion* untuk data 1, data 2, data 3 pada diameter 1,75 mm berturut-turut adalah 988 °C, 999 °C, 996 °C. Untuk diameter 1,88 mm berturut-turut adalah 1006 °C, 1011 °C, 982 °C. Untuk diameter 1,98 mm berturut-turut adalah 1012 °C.

Waktu pemanasan bahan bakar tergantung pada diameter *droplet*, hal ini sesuai persamaan $Q \cdot t = (m \cdot c \cdot \Delta T)$. Dengan bertambahnya diameter *droplet* maka massa bahan bakar (*m*) akan bertambah pula, sehingga waktu (*t*) yang dibutuhkan untuk *preheating* juga akan bertambah. Dengan bertambahnya diameter *droplet* maka jumlah glycerol dan *fatty acid* juga akan bertambah. Hal ini tentunya berdampak pada waktu pemanasan tiap diameter *droplet* bahan bakar, selang waktunya akan meningkat. Dengan bertambahnya diameter *droplet* maka massa bahan bakar (*m*) akan bertambah pula, sehingga waktu (*t*) yang dibutuhkan untuk pemanasan awal juga akan bertambah, karena massa bahan bakar berbanding lurus dengan waktu pemanasan.

Proses pembakaran diawali dengan penguapan bahan bakar, kemudian dari uap yang dihasilkan akan terbakar, selanjutnya proses tersebut berlangsung secara terus menerus sampai *droplet* terbakar sampai habis. Dapat kita lihat pada grafik, pada puncak pertama merupakan proses penguapan asam lemak (*fatty acid*), kemudian puncak kedua yaitu proses penguapan glycerol. Asam lemak memiliki kekentalan (*viscosity*) yang lebih rendah dari glycerol, sehingga asam lemak akan terbakar terlebih dahulu. Semakin kecil diameter *droplet* maka penguapan glycerol akan tidak begitu nampak. Berdasarkan proporsinya konsentrasi glycerol hanya 20%, dan asam

lemak 80% dari total volume bahan bakar. Semakin kecil diameter *droplet* bahan bakar maka semakin kecil pula volume *glicerol*, sehingga penguapan *glicerol* tidak begitu nampak.

Dari grafik diketahui bahwa temperatur pembakaran akan terus naik sampai *droplet* terbakar habis. Berdasarkan gambar 5, laju penguapan tercepat dimulai dari diameter *droplet* 1,75mm, 1,88mm, dan 1,98mm. Hal ini sesuai dengan persamaan laju penguapan (v_{fe}) dan pembakaran (V_{fm}) yang menyatakan bahwa laju penguapan dan pembakaran *droplet* berbanding terbalik dengan diameter *droplet* (d_o^2). Sehingga dengan bertambahnya diameter *droplet* maka laju penguapan akan turun. Setelah mengalami penguapan, *droplet* akan mulai terbakar. Sehingga temperatur pembakaran akan terus naik sampai *droplet* terbakar habis. Semakin besar diameter maka semakin lama proses terbakarnya *droplet*. Semakin lamanya proses pembakaran akan dicapai temperatur yang maksimal. Temperatur akhir pembakaran berdasarkan gambar grafik 5, menunjukkan bahwa temperatur pembakarannya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya diameter *droplet* bahan bakar.

Secara keseluruhan, pembakaran minyak jarak dengan *microexplosion* memiliki temperatur maksimum pembakaran lebih tinggi jika dibandingkan dengan pembakaran minyak jarak tanpa *microexplosion*. Hal ini disebabkan karena *microexplosion* yang terjadi pada saat proses pembakaran minyak jarak kurang kuat sehingga menyebabkan api bergoyang dan mengganggu proses pembakaran dan menyebabkan temperatur meningkat. Akan tetapi waktu penyalaan minyak jarak dengan *microexplosion* lebih cepat daripada waktu penyalaan minyak jarak tanpa *microexplosion*, hal ini karena *droplet* yang mengalami *microexplosion* memiliki jumlah *fatty acid* yang lebih banyak sehingga *fatty acid* terbakar terlebih dahulu.

Visualisasi api *droplet* minyak jarak pagar pada beberapa variasi diameter *droplet*

Gambar berikut ini menunjukkan visualisasi perubahan bentuk nyala api yang terjadi selama proses pembakaran minyak jarak pagar tanpa *microexplosion* dan dengan *microexplosion* pada beberapa variasi diameter *droplet*.

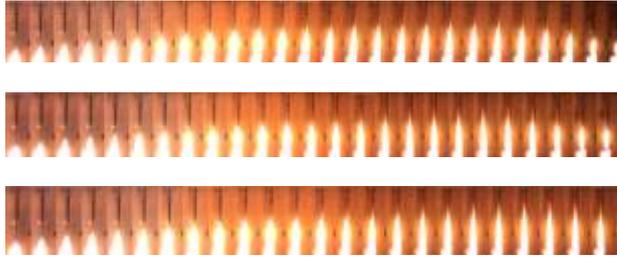
Pada visualisasi pembakaran *droplet* minyak jarak pagar tanpa *microexplosion* dan dengan *microexplosion* pada gambar 6 dan 7 dapat dilihat bahwa keduanya memiliki persamaan, yaitu semakin besar diameter *droplet* maka jumlah *frame* yang terbentuk

semakin banyak. Terjadinya *microexplosion* ditandai dengan adanya perubahan dimensi api secara mendadak. Semakin banyaknya *frame* mengindikasikan bahwa semakin lamanya selang waktu bahan bakar untuk habis. Semakin besar diameter *droplet*, massa bahan bakar juga semakin besar sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses pembakaran juga lama. Hal ini sesuai rumusan $Q = (m.c.\Delta T) : t$. Untuk membakar massa yang sedikit maka dibutuhkan kalor yang kecil pula, sehingga waktu yang diperlukan pun semakin singkat. Dengan lamanya waktu pembakaran ini maka memberikan waktu bagi *fatty acid* menyusup ke dalam *glycerol* untuk melakukan *microexplosion*, namun *microexplosion* yang semula diharapkan mempercepat waktu pembakaran justru menambah waktu pembakaran karena *microexplosion* yang terjadi tidak begitu kuat sehingga hanya membuat api bergoyang dan justru mengganggu pembakaran.

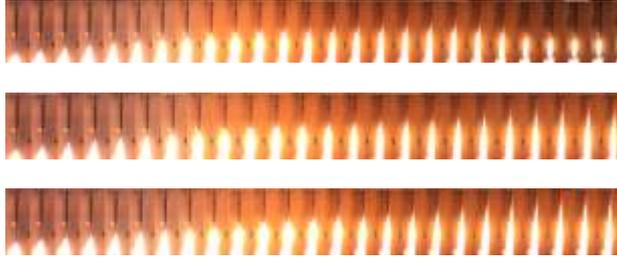
Semakin besar diameter *droplet* maka api dari pembakaran *glicerol* akan mulai tampak. Hal ini dikarenakan konsentrasi volume dari asam lemak lebih besar, yaitu sekitar 80% dari total volume bahan bakar. Dari kedua senyawa, asam lemak memiliki viskositas yang lebih rendah dari *glicerol*, sehingga dengan bertambahnya diameter *droplet*, maka akan tampak pembakaran dari asam lemak diikuti dengan pembakaran *glicerol*. Pembakaran asam lemak dimulai dari awal pembakaran kemudian api mencapai tinggi maksimum, dan berakhir sampai api pada ketinggian terendah pada tahap pertama. Sedangkan pembakaran *glicerol* dimulai setelah habisnya pembakaran asam lemak, kemudian pembakaran *glicerol* akan mencapai tinggi api optimum sampai dengan api padam.

Dari visualisasi tersebut tampak bahwa *microexplosion* mulai terjadi ketika *glycerol* terbakar. Di dalam *glycerol* inilah terdapat *fatty acid* yang terperangkap dan menyebabkan *microexplosion*. Pada diameter *droplet* yang besar jumlah *glycerol* juga semakin besar sehingga memberikan ruang bagi *fatty acid* untuk menyusup ke dalamnya dan menimbulkan *microexplosion*.

7,5mm



8,8mm

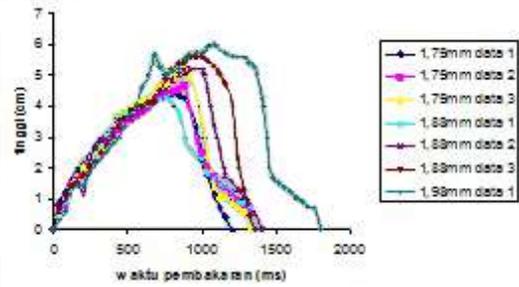


9,8mm

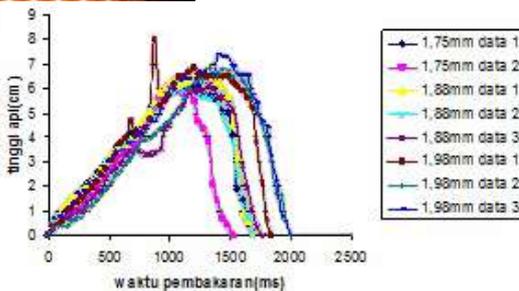


Gambar 6 Visualisasi bentuk nyala api minyak jarak pagar tanpa *microexplosion* pada berbagai variasi diameter.

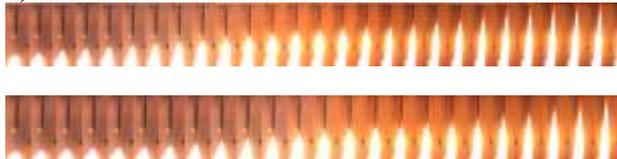
Hubungan tinggi api dan waktu pembakaran droplet minyak jarak pagar pada beberapa variasi diameter



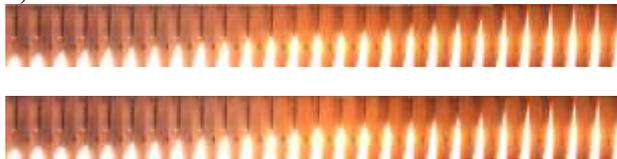
Gambar 8. Gabungan grafik hubungan waktu pembakaran terhadap tinggi api pada pembakaran minyak jarak pagar tanpa *microexplosion*



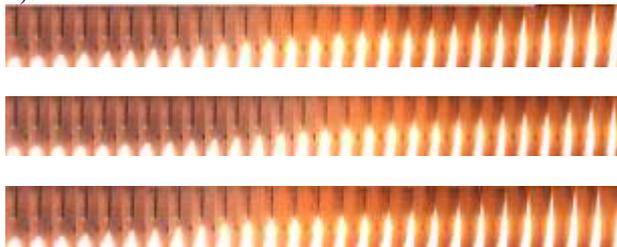
7,5mm



8,8mm



9,8mm



Gambar 7 Visualisasi bentuk nyala api minyak jarak pagar dengan *microexplosion* pada berbagai variasi diameter

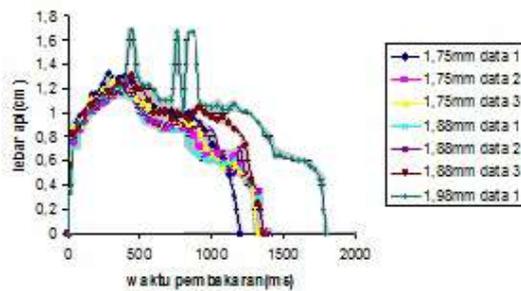
Gambar 9 Gabungan grafik hubungan waktu pembakaran terhadap tinggi api pada pembakaran minyak jarak pagar dengan *microexplosion*

Dari grafik di atas, baik pembakaran tanpa *microexplosion* maupun dengan *microexplosion* dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter *droplet* maka tinggi api akan semakin meningkat pula. Nyala api terpendek dimiliki oleh diameter *droplet* 1,75 mm dan nyala api terpanjang dimiliki oleh diameter *droplet* terbesar, yaitu 1,98 mm. Hal ini disebabkan karena viskositas dari *glicerol* yang lebih tinggi dari asam lemak. Semakin besar diameter *droplet* maka komposisi *glicerol* akan semakin banyak pula. Sehingga membutuhkan waktu dan energi yang lebih besar untuk melakukan proses pembakaran. Semakin lamanya proses pembakaran mengakibatkan tercapainya temperatur pembakaran yang lebih tinggi, sehingga nyala api pun menjadi lebih tinggi.

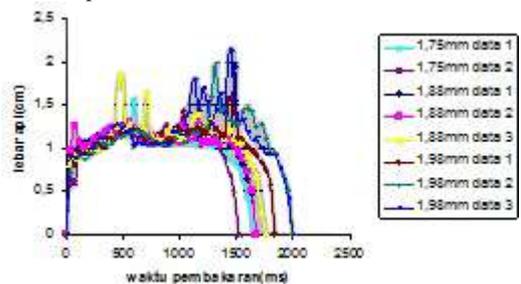
Microexplosion yang terjadi pada pembakaran *droplet* juga dapat menambah ukuran nyala api. *Microexplosion* terjadi karena adanya perbedaan titik didih antara *fatty-acid* dan *glicerol*. Komposisi *glicerol* lebih sedikit daripada asam lemak, yaitu sekitar 20 %. Semakin besar diameter *droplet* maka semakin banyak pula *glicerol* yang terkandung. Jumlah

glycerol yang banyak memberikan ruang bagi *Fatty acid* untuk melakukan *microexplosion*. Letupan ini dapat memecah *droplet* menjadi butiran-butiran kecil, sehingga proses penguapan menjadi lebih cepat. Semakin cepat penguapan, terbentuknya uap menjadi lebih banyak, nyala api yang lebih besar ditimbulkan oleh uap bahan bakar yang lebih banyak. Namun *microexplosion* yang terjadi kurang kuat sehingga membuat api bergoyang sehingga mengganggu proses pembakaran

Hubungan lebar api dan waktu pembakaran *droplet* minyak jarak pagar pada beberapa variasi diameter



Gambar 10. Gabungan grafik hubungan waktu pembakaran terhadap lebar api pada pembakaran minyak jarak pagar tanpa *microexplosion*



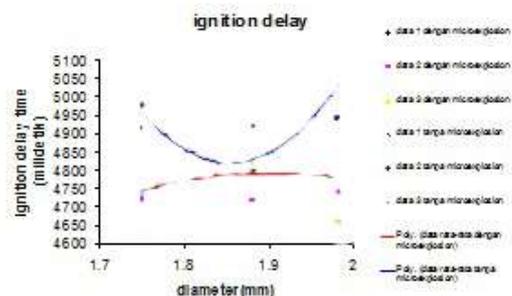
Gambar 11. Masing-masing grafik hubungan waktu pembakaran terhadap lebar api pada pembakaran minyak jarak pagar dengan *microexplosion*

Dari grafik hubungan lebar api dan waktu pembakaran baik yang tanpa *microexplosion* maupun dengan *microexplosion* dapat dilihat bahwa semakin besar diameter *droplet* maka semakin lebar pula dimensi api yang dihasilkan, karena karena massa bahan bakar bertambah seiring dengan bertambahnya diameter *droplet*. Pada saat diberikan energi panas dari heater, uap bahan bakar yang dihasilkan oleh diameter *droplet* yang besar akan menjadi lebih banyak. Hal ini mengakibatkan semakin banyaknya uap yang bereaksi dan terbakar menjadi api. Saat proses pembakaran maka oksigen yang tertarik kedalam api juga semakin besar. Sehingga terjadi peningkatan ukuran lebar api.

Pada diameter *droplet* yang semakin besar juga memberikan kesempatan pada bahan bakar untuk terjadinya proses *microexplosion*. *Microexplosion* terjadi karena adanya perbedaan titik didih antara *fatty-acid* dan *glycerol*. *Microexplosion* ini menyebabkan terjadinya perubahan dimensi api yang mendadak. *Microexplosion* terjadi pada *droplet* berdiameter besar karena komposisi *glycerol* semakin banyak pada diameter yang semakin besar. Semakin besar diameter *droplet* maka semakin banyak pula *glycerol* yang terkandung sehingga lebih memungkinkan adanya *microexplosion*. Letupan ini dapat memecah *droplet* menjadi butiran-butiran kecil, sehingga proses penguapan menjadi lebih cepat. Semakin cepat penguapan, terbentuknya uap menjadi lebih banyak, nyala api yang lebih besar ditimbulkan oleh uap bahan bakar yang lebih banyak. Namun *microexplosion* yang terjadi kurang kuat sehingga membuat api bergoyang, sehingga mengganggu proses pembakaran.

Dari grafik juga terlihat bahwa *microexplosion* terjadi setelah *glycerol* mulai terbakar. Hal ini menunjukkan bahwa *microexplosion* terjadi karena *fatty acid* yang terperangkap di dalam *glycerol* mendidih terlebih dahulu sehingga memiliki tekanan yang kuat dan menghasilkan *microexplosion* saat pembakaran.

Hubungan diameter *droplet* terhadap *ignition delay time* pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar



Gambar 12. Grafik hubungan diameter *droplet* terhadap *ignition delay time* pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar dengan dan tanpa *microexplosion*.

Pada grafik hubungan diameter *droplet* terhadap *ignition delay time* tanpa perlakuan di atas dapat kita lihat bahwa *ignition delay time* tanpa *microexplosion* dari masing-masing diameter *droplet* mulai dari diameter 1,75mm hingga 1,98mm secara berturut-turut adalah 4744; 4790,667; 4779,333; milidetik. Sedangkan *ignition delay time* dengan *microexplosion* dapat kita lihat dari mulai diameter 1,75mm hingga 1,98mm memiliki

ignition delay time secara berturut-turut adalah 4956,667; 4828,667; 5030 milidetik

Dari kedua grafik tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa *ignition delay* pada minyak jarak pagar dengan *microexplosion* lebih cepat apabila dibandingkan dengan *ignition delay* minyak jarak pagar tanpa *microexplosion*. Hal ini karena pada *droplet* yang akan melakukan *microexplosion* mengandung jumlah *fatty acid* yang banyak sehingga *fatty acid* ini terbakar lebih dahulu dan sebagian menyusup ke dalam *glycerol* untuk melakukan *microexplosion*.

Dengan menurunkan persamaan *trendline* yang terbentuk, akan didapatkan diameter *droplet* yang memiliki *ignition delay* tercepat.

$$y = -2053,5x^2 + 7813,2x - 2640,3$$

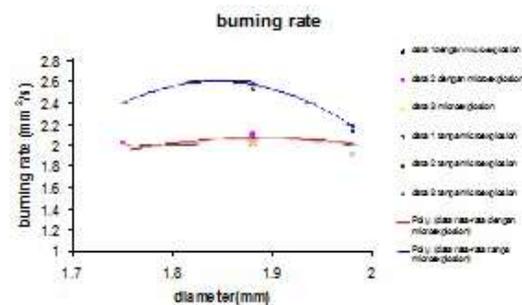
$$0 = -4107x + 7813,2$$

$$4107x = 7813,2$$

$$x = 1,902$$

Ignition delay time tercepat terjadi pada *droplet* berdiameter 1,902 mm yaitu 4791,657 milidetik

Hubungan diameter *droplet* terhadap *burning rate* pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar



Gambar 13. Grafik hubungan diameter *droplet* terhadap *burning rate* pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar dengan tanpa *microexplosion*

Dapat dilihat pada gambar di atas terdapat dua grafik yang menunjukkan *burning rate* pada proses pembakaran *droplet* minyak jarak pagar tanpa *microexplosion* dan dengan *microexplosion*. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa *microexplosion* justru akan memperkecil *burning rate* pada pembakaran *droplet*. Pada pembakaran tanpa *microexplosion* *droplet* dengan diameter 1,88 mm memiliki *burning rate* yang tinggi yaitu 2,574 mm²/s. Seiring bertambahnya ukuran *droplet* hingga diameter 1,98 mm *burning ratenya* cenderung menurun. Hal ini sesuai dengan persamaan teori kinetik gas $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} k T$ dimana kecepatan reaksi suatu pembakaran berbanding terbalik dengan massa yang dibakar, apabila massa yang terbakar semakin banyak, maka

pembakarannya akan berlangsung lebih lama. *Droplet* dengan diameter besar memiliki massa yang banyak, sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk habis terbakar. Menurut rumus

$$\text{burning rate yaitu } k = \frac{d^2}{t}, \text{ burning rate dan}$$

waktu pembakaran berbanding terbalik, semakin lama waktu pembakaran, maka *burning ratenya* semakin rendah. *Burning rate* minyak jarak pagar dengan *microexplosion* justru lebih rendah karena *microexplosion* yang terjadi kurang kuat sehingga membuat api bergoyang sehingga mengganggu pembakaran. Namun grafik *burning rate* pembakaran minyak jarak pagar dengan *microexplosion* menunjukkan kecenderungan meningkat, hal ini menandakan bahwa pembakaran *microexplosion* lebih stabil daripada tanpa *microexplosion*. Dengan menurunkan persamaan garis *trendlinenya*, maka didapat ukuran *droplet* dengan *burning rate* paling lama.

$$y = -22,977x^2 + 84,729x - 75,058$$

$$\dot{y} = -45,954x + 84,729$$

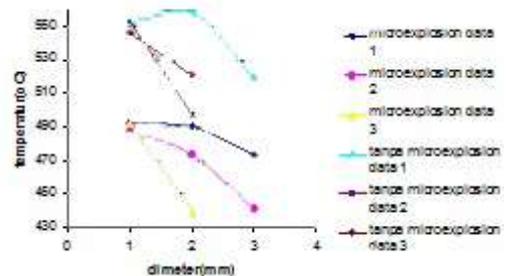
$$0 = -45,954x + 84,729$$

$$x = 84,729 / 45,954$$

$$x = 1,844$$

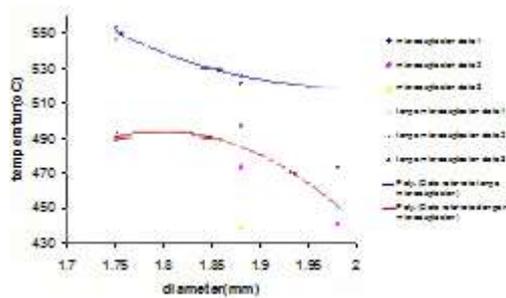
Droplet yang memiliki *burning rate* paling lama adalah *droplet* berdiameter 1,844 mm yaitu 3,06 mm²/s

Hubungan diameter *droplet* terhadap temperatur penyalan pada proses pembakaran minyak jarak pagar



Gambar 14. Grafik hubungan diameter *droplet* terhadap temperatur penyalan pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar dengan *microexplosion*.

Dari data didapatkan temperatur penyalan dari diameter *droplet* 1,75mm ; 1,88mm ; dan 1,98 mm dengan *microexplosion* adalah 490,5 °C ; 485 °C dan 451 °C.



Gambar 15. Grafik hubungan diameter *droplet* terhadap temperatur penyalan pada pembakaran *droplet* minyak jarak pagar tanpa

Dari grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa temperatur penyalan pada pembakaran *droplet* minyak jarak dengan *microexplosion* pada diameter 1,75mm ; 1,88mm ; dan 1,98 mm terlihat lebih rendah daripada temperatur penyalan pada pembakaran *droplet* minyak jarak tanpa *microexplosion*. Hal ini disebabkan karena pada *droplet* yang akan melakukan *microexplosion* memiliki jumlah *fatty acid* yang banyak sehingga *fatty acid* terbakar terlebih dahulu dan sebagian menyusup ke dalam *glicerol* untuk melakukan *microexplosion*.

Kesimpulan

Dari pengamatan dan analisis terhadap grafik hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *microexplosion* dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran. Pengaruh tersebut antara lain :

- Semakin besar diameter *droplet* maka intensitas terjadinya *microexplosion* dan kekuatan *microexplosion* semakin besar.
- *Microexplosion* yang terjadi pada pembakaran *droplet* minyak jarak mempersingkat waktu penyalan (*ignition delay time*) karena terdapat jumlah *fatty acid* yang banyak sehingga *fatty acid* terbakar terlebih dahulu dan sebagian menyusup ke dalam *glicerol* untuk melakukan *microexplosion*.
- *Burning rate* pada pembakaran dengan *microexplosion* lebih rendah karena pada saat terjadi *microexplosion*, letupan ini membuat api bergoyang dan mengganggu proses pembakaran.
- Walaupun *burning rate* pada pembakaran dengan *microexplosion* lebih rendah tetapi grafik menunjukkan bahwa pembakaran dengan *microexplosion* memberikan kecenderungan meningkat yang

menandakan pembakaran dengan *microexplosion* lebih stabil

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aigner, Manfred DLR. 2006. *Modeling Evaporation and Microexplosion of Water in Alkane Emulsion Droplets*. Germany: German Aerospace Center
 - [2] Ghassemi, Hojat , Seung Wong Baik & Qasim S.K. 2006. *Experimental Study on Microexplosive Burning of Binary Fuel Droplets*. Korea: Korea Advanced Institute of Science and Technology.
 - [3] Halliday, David dan Resnick, Robert. 1988. *Fisika Jilid I dan II*, Jakarta : Erlangga.
 - [4] Hendartomo, Tomi. 2006. *Pemanfaatan Minyak Dari Tumbuhan Untuk Pembuatan Biodiesel*. Universitas Gajahmada. Yogyakarta.
 - [5] Kuo, Kenneth K. 1986. *Principles of Combustion*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
 - [6] Nur Alam Syah, Andi. 2006. *Biodiesel Jarak Pagar*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
 - [7] Ralph H, Petrucci. 1996. *Kimia Dasar*.
 - [8] Tj. Soetiari. 1990. *Bahan Bakar dan Proses-Proses Kimia Pembakaran*. Malang : Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
 - [9] Turns, Stephen. 1996. *An Introduction to Combustion*. New York: McGraw-Hill, Inc.
 - [10] Wardana, I.N.G. 1995. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. Malang : Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
 - [11] Widiartama, A. 2005. *Pengaruh Diameter Droplet Terhadap Karakteristik Pembakaran Minyak Jarak Pagar di Dalam Pengaruh Medan Magnet*. Malang : Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
 - [12] Wijayanti, Widya. 2003. *Bahan Bakar dan Teknik Pembakaran*. Malang : Jurusan Mesin. Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
 - [13] Zemansky, Zears. 1986. *Fisika untuk Universitas Jilid 2*. Bandung : Binacipta.
- www.biodiesel.org, 2005
www.chem-is-try.org/?sect
www.elsevier.com, 2008
www.Svlele.com/jathrophaplant.htm
<http://biology.clc.uc.edu/graphics/bio104/fatty%20acid.jpg>
<http://www.nmri.go.jp>