

BAB III

METODOLOGI PENGUJIAN

Dalam melakukan penelitian dan pengujian, maka dibutuhkan tahapan-tahapan yang harus dijalani agar percobaan dan pengujian yang dilakukan sesuai dengan standar yang ada. Dengan menerapkan prosedur percobaan yang sama dan konsisten maka hasil yang didapat akan dapat dipercaya dan valid. Dalam melakukan eksperimen pengujian karakteristik water mist ini, ada sejumlah komponen yang harus dipersiapkan antara lain *pool fire*, rangkaian water mist, alat ukur & alat pencatat data tambahan.

3.1 TAHAP PERSIAPAN

Sebelum melakukan pengujian atau pengambilan data, maka persiapan teknis maupun non-teknis harus dilakukan. Hal ini patut dilakukan untuk menjamin pengambilan data dapat berjalan dengan baik (sesuai standar yang ada), dan dapat juga menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Dalam tahap persiapan ini ada tiga tahap persiapan yaitu persiapan peralatan keamanan (*safety tools*), menyiapkan peralatan uji, dan persiapan sampel.

3.1.1 Peralatan Keamanan

Dalam melaksanakan pekerjaan di laboratorium, keamanan dan keselamatan dalam bekerja merupakan hal yang penting. Sebelum melakukan pekerjaan pengambilan data dan pengujian maka perlu dilakukan pengkajian risiko dan bahaya apa saja yang dapat terjadi dalam melakukan pekerjaan tersebut. Bahaya dapat berasal dari alat uji maupun saat pengujian dilakukan. Dalam pengujian water mist ini (setelah dilakukan pengkajian) ada beberapa bahaya atau risiko yang dapat timbul yaitu :

1. Nyala api (*pool fire*) : Besar nyala dari pool fire tergantung dari diameter pool itu sendiri. Semakin besar diameter maka akan semakin besar api yang dihasilkan. Sehingga sebelum dilakukan pengujian di dalam

laboratorium, penyalaan untuk pool fire berdiameter besar dapat dilakukan terlebih dahulu di luar ruangan.

2. Rangkaian Listrik : Di dalam ruangan laboratorium terdapat beberapa rangkaian listrik seperti stop kontak, saklar, kabel-kabel dll. Semua hal itu dapat menimbulkan bahaya apabila tidak diatur dan ditata dengan rapi. Kemungkinan bahaya apabila ada kabel yang terkelupas, terjadi hubungan pendek dll. Oleh karena itu sebelum pengujian rangkaian listrik harus diperhatikan dan jangan sampai membahayakan.
3. Tabung-tabung Oksigen, Nitrogen : Dalam laboratorium terdapat beberapa tabung oksigen, nitrogen yang dapat menimbulkan bahaya apabila salah dalam memakai dan menanganinya. Seperti tabung oksigen harus dijauhkan dari sumber api agar tidak terjadi ledakan atau penyalaan.
4. Akumulasi Asap : Hasil pembakaran pool fire banyak menimbulkan asap hasil pembakaran. Asap tersebut mengandung zat-zat yang berbahaya seperti CO & CO₂. Oleh karena itu sebelum dilakukan pengujian, aliran udara keluar harus benar-benar telah dipersiapkan, seperti pembukaan jendela, pintu, exhaust fan dll.
5. Bahan Bakar : Dalam pengujian pool fire dipergunakan bahan bakar jenis bensin (gasoline) yang sangat mudah menguap dan terbakar. Sehingga saat pengujian dan penyimpanan harus benar-benar dijauhkan dari sumber api dan panas. Untuk bahan bakar solid digunakan briket batubara telur yang didapatkan dari bukit asam.

Untuk mencegah hal terburuk terjadi diperlukan beberapa alat pengaman sesuai dengan risiko yang ada. Beberapa peralatan tersebut yaitu :

- Alat Pemadam Api Ringan (APAR) tipe *dry blower*. Alat pemadam ini harus dicek dan diperiksa apakah masih layak pakai dan belum kadaluarsa.
- Sarung tangan tahan panas, untuk menjaga keamanan tangan dari temperatur tinggi saat pengujian berlangsung.

3.1.2 Spesifikasi & Persiapan Alat Uji

Dalam pengambilan data karakteristik water mist ini ada beberapa alat yang dipergunakan. Penggunaan alat ini untuk mendapatkan data-data yang diinginkan. Spesifikasi alat-alat yang dipergunakan beserta persiapan yang dilakukan yaitu :

3.1.2.1 Wadah bahan bakar (pool fire) :

Wadah bahan bakar berfungsi sebagai tempat bahan bakar melakukan proses pembakaran (kebakaran). Wadah yang digunakan untuk pengujian ini memiliki diameter sebesar 5 cm, 8 cm dan 10 cm. Sebelum melakukan pengujian dipastikan bahwa wadah ini bersih dan tidak ada kebocoran.



Gambar 3.1 Wadah bahan bakar $d = 8$ & 10 cm

3.1.2.2 Tabung Nitrogen & Regulator

Untuk menghasilkan tekanan air digunakan nitrogen bertekanan. Nitrogen akan mendorong air dalam pressure vessel untuk mengalir keluar sampai ke nosel. Untuk mengatur tekanan yang dikeluarkan dari tabung, digunakan pressure regulator. Sebelum melakukan pengujian dipastikan bahwa tekanan nitrogen masih cukup dan tidak ada kebocoran. Pressure regulator juga berjalan baik dan berfungsi dengan baik.



Gambar 3.2 Tabung nitrogen dan pressure regulator

3.1.2.3 Pressure Vessel

Pressure vessel adalah alat yang digunakan untuk mengkompresikan air menuju nosel. Alat ini bekerja berdasarkan volume control, yaitu jumlah volume gas nitrogen yang masuk ke ruang pressure vessel sama dengan jumlah volume air yang keluar menuju nosel. Untuk menjaga tekanan didalamnya masih dalam batas aman, digunakan pressure relief yang dapat diatur batas aman sampai tekanan tertentu. Saat memasukkan air bersih ke pressure vessel jangan sampai melewati batas yang telah ditentukan (batas pipa pressure relief). Hal yang perlu diperhatikan adalah air yang dimasukkan tidak ada kotoran yang dapat menyebabkan tersumbatnya nosel.



Gambar 3.3 Pressure Vessel

3.1.2.4 Nosel

Agar dapat menghasilkan droplet air dengan ukuran yang memenuhi syarat kabut air, maka harus digunakan nosel yang sesuai dengan kebutuhan. Nosel yang akan dipakai dalam rancangan alat ini adalah nosel yang biasa dipakai di dalam rumah kaca (green house) untuk melembabkan dan menjaga temperatur tanaman. Nosel ini dipilih karena terutama karena alasan yang praktis, yaitu kemudahan untuk mendapatkannya, dimana nosel khusus yang digunakan untuk pemadam kebakaran yang menjadi standar di dunia tidak terdapat di pasaran Indonesia, dan harganya sangat mahal.



gambar 3.4 nosel greenhouse

Berikut ini adalah spesifikasi nosel yang akan digunakan :

Nama pasaran/merek : Mist Nozzle APO TW-1

Material : Kuningan

Diameter Orifice : 0,5 mm

Tekanan kerja : 30 - 1000 Psi

Droplet keluaran : 9,5 – 49,9 μm

Sudut spray : 80° – 85°

Jumlah kebutuhan air : 0,208 L/min

Persiapan nosel perlu sangat diperhatikan, karena akan mempengaruhi jalannya pengujian dan data yang didapat. Nosel yang baik harus dapat memancarkan spray secara sempurna. Tidak boleh ada tetesan air dalam nosel dan keanehan bentuk spray (tidak membuka sempurna). Apabila terjadi tetesan/kebocoran maka dilakukan perbaikan terlebih dahulu pada nosel, agar data yang didapatkan baik. Pada pengujian kali ini menggunakan nosel sebanyak lima buah dengan jarak antara 4 cm. Bukaan nosel juga diperhatikan, pada pengujian ini bukaan nosel yang digunakan sebesar 540°.



Gambar 3.5 Lima Nosel Berjarak antara 4 cm

3.1.2.5 Pipa/Saluran Air

Water mist sistem ini menggunakan pipa yang terbuat dari bahan stainless steel. Memiliki ukuran $\frac{1}{4}$ inch. Pipa ini cukup baik untuk menahan tekanan tinggi, dimana setiap sambungan menggunakan ferul agar sambungan kuat dan tidak bocor.

3.1.2.6 Stop Valve

Stop valve berfungsi untuk membuka dan menutup aliran. Pada sistem ini stop valve diletakkan antara pressure gauge dan nosel. Alat ini berfungsi mengalirkan air yang bertekanan menuju nosel untuk dikeluarkan menjadi kabut air.

3.1.2.7 Check Valve

Check valve merupakan alat yang digunakan agar tidak terjadi aliran tekanan balik. Pada rancangan, alat ini dipasang antara nitrogen dan pressure vessel. Mencegah tekanan nitrogen balik ke tabung gas.

3.1.2.8 Pressure Gauge

Alat ini untuk mengetahui tekanan air yang mengalir menuju nosel. Dengan mengetahui tekanan ini, maka dapat dijadikan variabel untuk mencari karakteristik pemdaman.



Gambar 3.6 Pressure Gauge

3.1.2.9 Termokopel & Program VisiDAQ

Pada percobaan ini termokopel yang dipergunakan sebanyak tiga termokopel, dua buah diletakkan pada posisi 5 & 10 cm diatas pool fire dan satu diletakkan pada cone calorimeter untuk menghitung suhu gas buang. Pembacaan termokopel ini dan pencatatan data dilakukan oleh program VisiDAQ, program ini harus dipastikan berjalan dengan baik dan dan tidak ada masalah apapun

3.1.2.10 Ignitor

Untuk menyalakan api dan menginisiasi pembakaran pool fire. Ignitor berupa ignitor gas seperti yang banyak digunakan pada kompor-kompor rumah tangga.

3.1.2.11 Kamera

Dipergunakan untuk merekam secara visual kejadian per detik saat proses penyalaan, pembakaran, dan padam api. Rekaman ini dapat dipergunakan untuk melihat proses apa yang terjadi dan dapat menganalisis apa yang terjadi.

3.1.2.12 Stopwatch

Untuk mencatat waktu penyalaan, pembukaan mist dan waktu pemadaman api diperlukan stopwatch.

3.1.2.13 Cone Calorimeter

Alat ini diperlukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam menghitung heat release suatu pembakaran bahan bakar. Ada beberapa komponen yaitu exhaust blower, plat orifis, & manometer miring. Sebelum digunakan pastikan bahwa semua peralatan tsb berjalan dengan baik dan tidak ada kerusakan. Dalam mengatur kecepatan exhaust blower digunakan frekuensi sebesar 13.3 Hz untuk mendapatkan flow rate sesuai standar yang telah ditetapkan ASTM yakni $0.024 \text{ m}^3/\text{s}$. Manometer miring digunakan untuk menghitung perbedaan tekanan antara plat orifis.

3.1.2.14 Flue Gas Analyzer (Quintox)

Dipergunakan untuk mengetahui komposisi gas buang yang dihasilkan. Diperlukan untuk mengetahui konsumsi Oksigen pada pembakaran pool fire tsb, konsumsi oksigen dapat untuk melakukan perhitungan *heat release* yang dihasilkan. Sebelum memakai Quintox ini dilakukan setting internal, sesuai langkah-langkah dalam *user guide* alat tsb.

3.1.2.15 Busa & Tempat Busa

Untuk mendapatkan data fluks density dari water mist ini digunakan busa dan tempat busa yang berukuran 33 cm x 33 cm. Busa dibagi menjadi 11 x 11. Penggunaan alat ini juga untuk mengetahui persebaran spray yang dihasilkan nosel. Persebaran ini salah satu karakteristik water mist yang penting bagi proses pemadaman. Pengambilan data busa ini dilakukan beberapa kali, yaitu untuk tekanan 5,7,10,13,15 bar pada kondisi 1 nosel & 5 nosel jarak antara 4 cm,



Gambar 3.7 Timbangan dan Busa

3.1.2.16 Timbangan

Untuk menimbang busa sebelum dikenai water mist dan sesudah dikenai water mist. Dalam menyiapkan timbangan ini yang perlu diperhatikan yaitu timbangan harus diletakkan pada bidang datar & timbangan tidak boleh terkena aliran angin, karena kedua hal tersebut sangat mempengaruhi hasil timbangan. Timbangan ini juga digunakan untuk mengukur laju penurunan massa saat pembakaran pool fire.

3.1.2.17 Kompor Briket Batu Bara

Kompor ini digunakan untuk mengetahui performa pemadaman kabut air untuk bahan bakar solid. Kompor ini akan menggunakan bahan bakar briket batubara. Untuk penyalanya digunakan arang kayu dan minyak tanah, berguna untuk memancing terjadinya bara api yang akan merambat ke briket. Briket yang dimasukkan setiap kali pengambilan data berjumlah 10 butir briket.



Gambar 3.8 Kompur Briket Batubara

3.2 TAHAP PERCOBAAN & PENGAMBILAN DATA

Dalam penelitian ini akan dilakukan percobaan pemadaman bahan bakar cair (pool fire) dan bahan bakar padat (briket) menggunakan sistem kabut air dengan lima buah nosel yang memiliki jarak antara 4 cm. Penelitian ini juga akan mencari karakteristik spray yang dihasilkan lima buah nosel tersebut. Variasi yang digunakan yaitu tekanan yang digunakan (5,7,10,13,15 bar), jumlah nosel yang digunakan (1 & 5 nosel jarak 8cm), dan tiga diameter pool fire (pengujian pool fire). Pengujian beberapa variasi ini untuk mencari kondisi operasi yang optimal bagi pemadaman menggunakan kabut air. Dalam melakukan pengambilan data & pengujian, ada prosedur yang harus dilaksanakan agar menghasilkan data yang valid dan sesuai dengan yang diharapkan. Pengambilan data yang dilakukan yaitu mencari fluks density (memakai busa), mencari waktu pemadaman, temperatur nyala, laju penurunan massa & heat release rate (HRR) untuk bahan bakar cair (pool fire) & bahan bakar solid (briket).

3.2.1 Prosedur Pengambilan Data *Flux Density*

Pengambilan data *fluks density* kabut air ini menggunakan busa dengan ukuran busa masing-masing 3x3 cm. Terdapat 121 buah busa yang diatur dengan ukuran 11 x 11. Data yang akan didapatkan yaitu *flux density*, laju aliran, dan pola distribusi spray untuk berbagai variasi yang telah ditetapkan. Untuk mendapatkan data tersebut dapat dijelaskan secara singkat : massa awal busa ditimbang & dicatat kemudian busa diletakkan dibawah nosel dan disemprotkan air, setelah itu

massa busa ditimbang kembali dan akan didapatkan perbedaan massa yang merupakan massa air yang diserap. Prosedur pengambilan data berdasarkan urutannya adalah :

1. Menyiapkan timbangan, diletakkan pada tempat datar dan dijauhkan dari aliran angin. Timbangan dibersihkan terlebih dahulu dan dikalibrasi dengan sample beban.
2. Menyiapkan busa, busa yang mau dipakai harus dalam keadaan setengah basah (jangan terlalu basah atau kering/keras) karena hal ini mempengaruhi banyaknya air yang dapat diserap. Busa diletakkan pada wadah sesuai dengan urutan yang telah ditetapkan.
3. Menimbang massa awal busa dan mencatatnya satu per satu.
4. Masukkan air ke dalam pressure vessel, sampai batas yang telah ditentukan. Lalu tutup dengan kencang pressure vessel tersebut.
5. Memasang nosel yang akan digunakan (1 nosel atau 5 nosel jarak 8 cm). Kemudian membuka nosel sebesar 540° .
6. Buka tekanan dengan pressure regulator sampai tekanan yang diinginkan (5 variasi tekanan).
7. Coba buka stop kran untuk mengalirkan air ke nosel, pastikan apakah nosel sudah berjalan baik (bentukan spray baik), dan tidak terjadi kebocoran.
8. Meletakkan busa & wadahnya diletakkan dibawah nosel dengan jarak yang telah ditetapkan (10 & 30 cm). Pastikan bahwa posisi wadah telah benar-benar center.
9. Menyiapkan Stopwatch
10. Setelah semua siap maka pengambilan data dapat dilakukan, membuka stop kran (sebelum mengenai busa maka air ditampung dulu menggunakan wadah, untuk memastikan bentuk spray baik), saat wadah ditarik dan air menyemprot ke busa langsung hidupkan stopwatch selama 1 menit. Setelah 1 menit tutup stop kran dan tarik wadah busa.
11. Menimbang kembali massa busa, dan akan didapatkan perbedaan massa awal dan akhir yang merupakan massa air yang disemprotkan.

12. Sebelum melakukan pengambilan data lagi, busa sebaiknya diperas agar tidak terlalu basah (jenuh), karena akan berpengaruh pada penyerapan air selanjutnya.



Gambar 3.9 Proses Pengambilan Data Flux Density

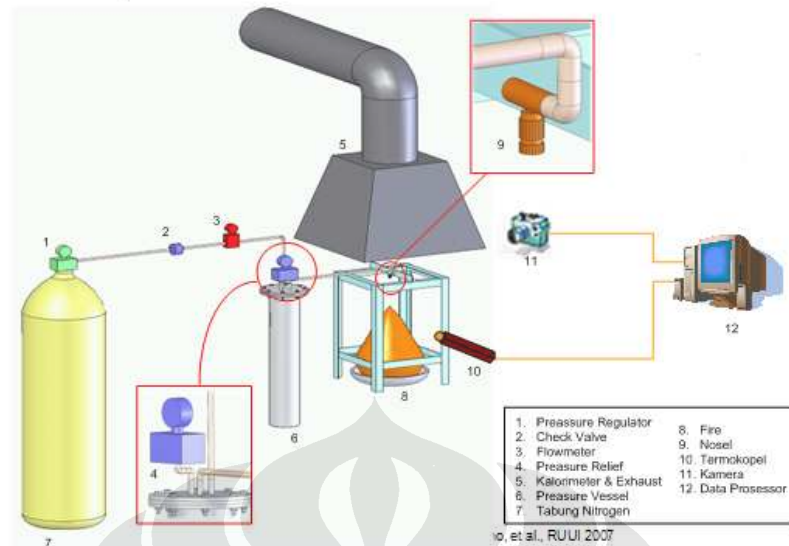
3.2.2 Prosedur Pengambilan Data Waktu Pemadaman, Temperatur Nyala, Laju Penurunan Massa & Laju Produksi Kalor (HRR) Pool Fire

Setelah mendapatkan fluks density, maka dilakukan percobaan selanjutnya yaitu mendapatkan waktu pemadaman pool fire, temperatur nyala, laju penurunan massa bahan bakar, dan heat release rate yang dihasilkan. Pengambilan data hal-hal tersebut dapat dilakukan di bawah cone calorimeter. Prosedur pengujian yang dilakukan yaitu :

1. Masukkan air ke dalam pressure vessel sampai batas yang telah ditentukan. Tutup rapat semua baut.
2. Memasang nosel yang akan digunakan (1 nosel atau 5 nosel jarak 8 cm), dan mengatur derajat bukaan nosel sebesar 540° . Mengatur tekanan dengan pressure regulator sampai tekanan yang diinginkan.
3. Lakukan tes semprotan kabut selama beberapa detik, untuk memastikan kabut benar-benar terbentuk.
4. Menyiapkan peletakan timbangan (menghitung laju penurunan massa), dan peletakan wadah bahan bakar (diameter tertentu). Memastikan

peletakkan wadah bahan bakar tepat di tengah bawah nosel. Hidupkan timbangan.

5. Memasang termokopel pada posisi 5 cm dan 10 cm diatas wadah bahan bakar.
6. Memasang termokopel untuk mengukur temperatur gas buang.
7. Menyiapkan Quintox (flue gas analyzer), mengkalibrasi otomatis, kemudian meletakkan pada calorimeter. Pencatatan otomatis per 10 detik.
8. Menghidupkan blower dan fan pada calorimeter. Mengatur frekuensi standar pada inverter sebesar 13.3 Hz.
9. Menyiapkan manometer miring dan pastikan berjalan dengan baik.
10. Menyiapkan program visiDAQ pada computer, untuk mengukur temperatur pada ketiga termokopel.
11. Menyiapkan kamera untuk merekam. Hidupkan kamera pada detik ke-1.
12. Menuangkan bahan bakar pada wadah yang telah disiapkan., Bahan bakar sebisa mungkin sampai batas wadah. Mencatat massa bahan bakar awal yang dituangkan (dilihat dari timbangan).
13. Mulai hidupkan program (rekam temperatur), diamkan selama 5 detik, lalu mulai bakar wadah bensin tadi. Biarkan selama 15 detik agar temperaturnya stabil. Penurunan massa dicatat setiap 5 detik.
14. Pada detik ke-20 (15 detik setelah api nyala), buka stop valve untuk memulai pemadaman. Pada saat yang bersamaan juga mulai rekam visual fenomena pemdaman dan hitung lamanya pemadaman dengan stopwatch.
15. Setelah api padam, tutup semua valve, lalu tutup pressure regulator dan tutup tabung nitrogen.



Gambar 3.10 Skematik Pengambilan Data

3.2.3 Prosedur Pengambilan Data Waktu Pemadaman, Temperatur Nyala, & Laju Produksi Kalor (HRR) Briket Batubara

Untuk mengetahui performa pemadaman kabut air dengan lima buah nosel pada bahan bakar solid (briket), maka perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu mengenai karakteristik pembakaran briket tersebut. Pengambilan data menggunakan cone calorimeter untuk mendapatkan nilai laju produksi kalor (HRR), temperatur nyala dan waktu pemadaman. Berikut merupakan prosedur percobaannya.

1. Masukkan air ke dalam pressure vessel sampai batas yang telah ditentukan. Tutup rapat semua baut.
2. Memasang nosel yang akan digunakan (1 nosel atau 5 nosel), dan mengatur derajat bukaan nosel sebesar 540° . Mengatur tekanan dengan pressure regulator sampai tekanan yang diinginkan.
3. Lakukan tes semprotan kabut selama beberapa detik, untuk memastikan kabut benar-benar terbentuk.
4. Menyiapkan Quintox (flue gas analyzer), mengkalibrasi otomatis, kemudian meletakkan pada calorimeter. Pencatatan otomatis per 10 detik.

5. Menghidupkan blower dan fan pada calorimeter. Mengatur frekuensi standar pada inverter sebesar 13.3 Hz.
6. Menyiapkan manometer miring dan pastikan berjalan dengan baik.
7. Menyiapkan program visiDAQ pada computer, untuk mengukur temperatur pada ketiga termokopel.
8. Menyiapkan kamera untuk merekam. Hidupkan kamera pada detik ke-1.
9. Letakkan kopor briket dibawah kalori meter dengan jarak antara nosel dan kompor adalah 10 cm.
10. Siapkan 10 buah briket batubara (± 270 g) dan arang kayu.
11. Masukkan 2 buah briket batubara ditambah dengan sedikit arang kayu kedalam kompor, kemudian bakar dengan minyak tanah hingga membentuk bara api.
12. Setelah membentuk bara api yang cukup, masukan sisa 8 buah briket batu bara kedalam kompor.
13. Siapkan termokopel dan pasang sesuai tempat, yaitu pada dasar kompor ($h=0$), pada bagian tengah kompor ($h=10$ cm), dan bagian atas kompor ($h=15$ cm).
14. Kipas-kipas briket untuk mempercepat pertumbuhan bara. Jika bara telah berkembang, atau temperatur telah konstan, maka pengambilan data akan dilakukan.
15. Siapkan tekanan pada *pressure vessel* dengan membuka katup *pressure regulator* dari tabung nitrogen sesuai variasi percobaan yang ingin dilakukan.
16. Mulai hidupkan program (rekam temperatur), diamkan selama 5 detik, kemudian nyalakan sistem kabut air.
17. Pada saat yang bersamaan juga mulai rekam visual fenomena pemdaman dan hitung lamanya pemadaman dengan stopwatch.
16. Setelah temperatur telah rendah ($\pm 50^{\circ}\text{C}$), tutup semua valve, lalu tutup pressure regulator dan tutup tabung nitrogen.
17. Stop program visiDAQ pada computer, catat nomor *data log* dari Quintox (flue gas analyzer), kemudian transfer dan simpan data yang didapat.