



2024

LAPORAN RISET TERAPAN

UJI TERAP PEMUSNAHAN DAGING BEKU MENGUNAKAN PERALATAN SEDERHANA

Disusun oleh :

Tim Pengembangan Teknik dan Metode Karantina Hewan

Balai Uji Terap Teknik dan Metode Karantina Hewan, Ikan, dan Tumbuhan



Laporan Riset Terapan

PEMUSNAHAN DAGING BEKU MENGGUNAKAN PERALATAN SEDERHANA



Tim Pelaksana:

Pengarah	:	drh. Apris Beniawan, M.Si
Penanggung Jawab	:	Dr. drh. Mazdani U Daulay, MP.
Ketua	:	Dr. drh. Rita Sari Dewi, M.Si.
Sekretaris	:	drh Hajar Cahya Utami
Anggota	:	
		1. Dr. drh. Julia Rosmaya Riasari, M.Si.
		2. Drh. Sri Idealti Purba
		3. drh. Umar Suryanaga, M.Si.
		4. drh. Lylya Samsi
		5. drh. Hanif Nurdiansyah
		6. Harris P. Silitonga
		7. Surati, A.Md.
		8. Annisa Salsabilla, S.Pt.
		9. Eko Prasetyo

Narasumber

Dr. drh. Rahmat Setya Adji, M.Si.
Dr. Agus Sukarto Wismogroho, M.Eng

BALAI UJI TERAP TEKNIK DAN METODE KARANTINA HEWAN, IKAN, DAN TUMBUHAN

BADAN KARANTINA INDONESIA

2024

ABSTRAK

Kegiatan pemusnahan daging beku di Unit Pelayanan Teknis Badan Karantina Indonesia cukup tinggi, sedangkan sarana prasarana yang dimiliki belum memadai. Oleh karena itu tujuan dari uji terap ini adalah mendapatkan teknik dan metode pemusnahan daging beku menggunakan peralatan yang sederhana. Teknik Pemusnahan dengan pembakaran pada lubang tanah dan drum dirancang dengan prinsip tersedia suplai oksigen yang optimal ke dalam tungku pembakaran. Ruang tungku pembakaran di lubang tanah dan drum dirancang menjadi 2 ruang (atas dan bawah) serta dibatasi oleh rak besi yang berfungsi sebagai sekat. Blower udara yang digunakan dimodifikasi dengan pipa sehingga aliran oksigen mudah masuk ke ruang tungku bawah dan menyebar ke atas. Ruang atas sebagai tungku pembakaran daging beku dan kayu bakar, dengan adanya sekat besi dapat memastikan hasil pembakaran kayu dan daging tidak akan menumpuk dan menutup aliran udara dari blower. Hasil uji terap yaitu sebanyak kurang lebih 20 kg daging beku dapat dimusnahkan menjadi arang dalam waktu 2 – 2,5 jam. Capaian suhu inti daging tertinggi adalah 1121,2°C dan suhu ruang tungku tertinggi adalah 1012,2°C, yang membuktikan pembakaran yang terjadi sempurna. Kayu bakar digunakan sebagai bahan bakar dengan jumlah 1– 3,5 kali berat daging. Hal ini tergantung dari kondisi kayu bakar (jenis, ukuran dan tingkat kekeringan kayu). Pada pengujian ini daging beku di spike menggunakan spora *Bacillus Anthracis non patogen* untuk menguji proses pembakaran dapat mengeliminasi agen patogen. Setelah proses pembakaran sisa hasil pembakaran daging diperiksa terhadap spora dan hasilnya negatif. Kesimpulan dari uji terap ini adalah teknik pembakaran daging beku pada lubang tanah dan drum dapat dilakukan dengan efektif menggunakan peralatan sederhana dan efisien mencapai suhu tinggi.

Kata kunci : pemusnahan, daging beku, pembakaran pada tanah, pembakaran pada drum, *Bacillus Anthracis non patogen*

ABSTRACT

Frozen meat elimination activities in the Quarantine Regional Office of the Indonesia Quarantine Authority are quite high, while the infrastructure is inadequate. Therefore, techniques and methods for eliminating frozen meat using simple equipment are needed. The aim of this study was to find the technique and method to eliminating frozen meat using simple equipment.

The elimination technique by burning in earthen holes and drums were designed with the principle of providing an optimal oxygen supply to the combustion furnace. The combustion chamber in the earthen hole and drum was designed into 2 chambers (top and bottom) and was separated by an iron shelf which functions as a partition. A modified air blower made the oxygen flow easily enters the lower furnace chamber and spreads upwards. The upper space was used as a furnace for burning frozen meat and firewood. The presence of an iron partition can ensure that the results of burning wood and meat will not accumulate and block the oxygen flow from the blower.

The result, approximately 20 kg of frozen meat can be reduced to charcoal within 2 – 2.5 hours. The highest core meat temperature achieved was 1121.2°C and the highest furnace chamber temperature was 1012.2°C, which proves that the combustion occurred perfectly.

The amount of firewood as a fuel was 1– 3.5 times heavier than the meat, depends on the condition of the firewood (type, size and wood dryness level).

Spike method was used to add non-pathogenic *Bacillus Anthracis* spores on samples, then testing the sample to see if the added bacteria was eliminated. After the burning process, the meat residue was checked for spores and the results were negative.

The conclusion of the study were that the technique of burning frozen meat in earthen holes and drums can be carried out effectively using simple equipment and efficiently reaching high temperatures.

Keywords : Elimination, frozen meat, burning in earthen hole, burning in drums, non-pathogenic *Bacillus anthracis*

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daging sapi merupakan salah satu makanan sumber protein hewani yang memiliki peranan penting dalam pemenuhan gizi masyarakat. Tingkat konsumsi daging sapi semakin meningkat seiring peningkatan jumlah penduduk Indonesia. Konsumsi daging di Indonesia masih dibawah rata-rata yaitu 2,66 kg per kapita per tahun dibawah rata-rata dunia yang sebesar 6,4 kg per kapita per tahun (Saragih JP., 2023). Rendahnya konsumsi daging di Indonesia disebabkan oleh harga dan pasokan daging yang terbatas. Oleh karena itu pemerintah memasukkan daging sebagai salah satu komoditas strategis dalam program pemerintah. Produksi daging di Indonesia sendiri belum mencukupi sehingga importasi sebagai salah satu kebijakan yang diambil untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Tingginya kebutuhan daging menyebabkan sering kali terjadi pemasukan daging secara ilegal atau tidak memenuhi syarat. Pemasukan daging beku yang tidak memenuhi syarat karantina tersebut selanjutnya dapat dikenakan tindakan pemusnahan. Data tindakan pemusnahan terhadap daging beku yang dilakukan oleh Pejabat Karantina selama kurun waktu 3 tahun terakhir dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data pemusnahan daging beku tahun 2020 – April 2023

No	Tahun	Jenis	Volume	Satuan	Frekuensi
1.	2020	Domas	76	kilogram	2
		Impor	1.734,92		26
2.	2021	Domas	2.049,38	kilogram	4
3.	2022	-	-	-	-
4.	Januari-April 2023	Domas	28.520,00	kilogram	1
Total			32.380,30	kilogram	33

sumber: IQFast System, Barantan

Pemusnahan merupakan tindakan menghilangkan media pembawa yang tertular hama penyakit hewan atau rusak maupun busuk, agar tidak menjadi sumber penularan hama dan penyakit, serta tidak mengganggu kesehatan manusia dan tidak menimbulkan kerusakan pada sumber daya alam hayati. Teknik dan metode pemusnahan dapat berupa membakar, menghancurkan, mengubur atau dengan cara yang lain agar media pembawa tersebut tidak lagi menjadi sumber penularan dan penyebaran hama dan penyakit yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan menimbulkan kerusakan sumber daya alam hayati. Namun, selama proses pelaksanaan tindakan pemusnahan pejabat karantina seringkali mengalami permasalahan teknis.

Beberapa permasalahan teknis dalam melaksanakan pemusnahan yaitu secara umum sarana prasarana pemusnahan di UPT belum memadai, sehingga sering kali media pembawa terutama berupa daging beku tidak dapat musnah dengan sempurna. Pemusnahan daging beku dengan metode pembakaran membutuhkan waktu lama, biaya yang cukup besar dan tidak habis terbakar. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan suatu acuan teknik dan metode pembakaran menggunakan peralatan yang sederhana atau peralatan yang mudah didapat dilapangan. Oleh karena itu tujuan dari studi ini adalah melakukan teknik dan metode pemusnahan daging beku dengan peralatan yang sederhana.

1.2. Maksud, Tujuan dan Manfaat

Maksud

Melakukan pengembangan teknik dan metode pemusnahan terhadap Media Pembawa HPHK melalui pembakaran dengan menggunakan peralatan yang sederhana.

Tujuan

Melakukan pengembangan teknik dan metode pemusnahan terhadap Media Pembawa HPHK melalui pembakaran dengan menggunakan peralatan yang sederhana.

Manfaat

Hasil pelaksanaan uji terap ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi Badan Karantina Indonesia terkait penetapan teknik dan metode pemusnahan dengan pembakaran menggunakan peralatan sederhana.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemusnahan dalam Upaya Pengendalian Penyakit Hewan

Kematian merupakan konsekuensi yang tidak bisa dihindari dalam upaya pemeliharaan hewan. Hewan mati karena berbagai penyakit, kecelakaan dan bencana. Hewan yang mati atau produk hewan yang terkontaminasi agen patogen akibat infeksi penyakit biasanya dibuang ke tempat pembuangan umum, lahan pertanian dan sungai, sehingga menciptakan berbagai jenis ancaman dan bahaya lingkungan (Ahuja, 2011). Strategi penanganan bangkai hewan atau bagian - bagian hewan yang mati terutama dalam skala besar memerlukan persiapan yang matang untuk menghindari terjadinya keadaan yang menimbulkan dampak yang merugikan. Strategi penanganan yang paling efektif adalah strategi yang mengoptimalkan setiap pilihan teknik metode pemusnahan yang tersedia yang sesuai dan semaksimal mungkin. Metode penanganan dalam rangka pemusnahan bangkai atau produk hewan harus aman, praktis, dan ekonomis serta harus memperhatikan aspek yang penting bagi Keamanan Hayati (Blake, 2004).

Bangkai hewan atau sisa - sisa produk hewan biasanya dilakukan penanganan dibuang dengan cara yang umum dilakukan seperti dikubur, dibakar, dibakar dengan insinerator dan pengomposan (Blake, 2004). Adanya dampak lingkungan dan sosial budaya masyarakat yang berbeda - beda, penggunaan cara ini dalam skala yang besar akan memberikan dampak yang berbeda dan masing-masing metode ini mempunyai kelemahan kelebihanannya sendiri. Penguburan bangkai hewan atau sisa produk hewan dalam jumlah besar di dalam lubang dapat menyebabkan pencemaran air tanah. Pembakaran dengan insinerator memerlukan biaya yang mahal dan berpotensi mencemari udara. Pengolahan produk hewan atau bangkai hewan menjadi produk sampingan menimbulkan biaya pada transportasi dan pembatasan pergerakan hewan yang sakit dari satu lokasi ke lokasi lain. Penanganan dengan cara dikubur bergantung pada ketersediaan lahan dan keterbatasan pada bangkai hewan karena suatu penyakit. Metode-metode yang berbeda ini secara umum juga mempunyai kelemahan seperti biaya yang mahal, padat karya, produksi polutan lingkungan dan bau yang tidak sedap (Sivakumar *et al.*, 2007). Metode penanganan bangkai hewan berupa pembakaran dalam hal pemusnahan untuk pencegahan dan pengendalian penyakit hewan merupakan pilihan yang baik untuk menghindari penularan penyakit ke hewan yang sehat dengan tetap menggunakan teknik dan metode yang ramah lingkungan karena metode pemusnahan karkas dengan cara pembakaran yang akan mengubah karkas menjadi abu sehingga secara umum bersifat biosecure atau dapat mencegah penyebaran dan kontaminasi penyakit ke lingkungan. Selain pembakaran dengan insenerator apabila diperlukan pembakaran dapat dilakukan pada lahan terbuka walaupun ini merupakan pilihan terakhir (Keena., 2023)

2.2. Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi yang menghasilkan panas. Proses pembakaran bisa berlangsung jika ada (Alamsyah, 2009) : 1. Bahan Bakar 2. Pengoksidasi (Oksigen/Udara) 3. Panas atau Energi aktivasi. Prinsip pembakaran sejatinya adalah reaksi kimia bahan bakar dengan oksigen (O). Kebanyakan bahan bakar mengandung unsur karbon (C), Hidrogen (H) dan Belerang (S), akan tetapi unsur yang memiliki berkontribusi penting terhadap energi yang dilepaskan adalah unsur C dan H. Masing-masing bahan bakar mempunyai kandungan unsur C dan H yang berbeda-beda. Proses pembakaran terdiri atas dua jenis yaitu pembakaran sempurna (*complete combustion*) dan pembakaran tidak sempurna (*incomplete combustion*). Pembakaran sempurna atau yang dikenal sebagai pembakaran stoikiometri terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan CO₂, seluruh unsur H menghasilkan H₂O dan seluruh unsur S menghasilkan SO₂. Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi apabila seluruh unsur C yang bereaksi dengan oksigen seluruhnya tidak menjadi gas CO₂. Keberadaan CO pada hasil pembakaran menunjukkan bahwa pembakaran berlangsung tidak sempurna (Almu *et al.*, 2014).

Pembakaran sempurna pada umumnya terjadi ketika adanya energi dari pembakaran bahan bakar hidrokarbon dengan udara, yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi internal gas di dalam ruang bakar. Energi kimia maksimum yang dapat dilepaskan (berupa kalor) dari bahan bakar adalah saat bereaksi dengan sejumlah oksigen menjadi pembakaran sempurna atau disebut dengan pembakaran stoikiometri. Oksigen stoikiometri atau disebut oksigen teoritis hanya cukup untuk mengubah semua karbon dalam bahan bakar menjadi CO₂ dan semua hidrogen H₂O tanpa sisa oksigen. Reaksi pembakaran yang terjadi dengan sejumlah oksigen stoikiometri disebut reaksi stoikiometri (Tjokrowisastro dan Widodo, 1990 dalam Almu *et al.*, 2014). Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran material padat, antara lain ukuran partikel. Biasanya partikel yang lebih kecil ukurannya akan lebih cepat terbakar. Kecepatan aliran udara, laju pembakaran akan naik seiring dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur. Jenis bahan bakar dalam proses pembakaran akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik bahan bakar tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*. Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran sehingga menyebabkan laju pembakaran meningkat (Almu *et al.*, 2014). Ukuran standar jumlah udara yang digunakan dalam proses pembakaran adalah rasio udara dan bahan bakar (*Air-Fuel Ratio, AFR*) (Tjokrowisastro dan Widodo, 1990 dalam Almu *et al.*, 2014).

Pencampuran udara dan bahan bakar yang baik dalam pembakaran sempurna biasanya tidak dapat dicapai kecuali dengan melalui pendekatan penambahan akses udara. Penambahan akses udara harus baik, dengan capaian nilai minimum karena apabila terlalu banyak dapat meningkatkan kehilangan energi dalam pembakaran dan meningkatnya jumlah

emisi. Proses pembakaran berlangsung secara bertahap. Tahap awal terjadi penguapan kandungan air yang belum terbakar menggunakan panas dari bahan bakar yang berada di sekeliling atau menggunakan energi panas yang ditambahkan dari luar. Saat pemanasan terjadi pelepasan karbon atau bahan *volatile* yang dikonversi menjadi gas yang mudah terbakar, proses ini disebut gasifikasi. Gas ini selanjutnya bercampur dengan oksigen yang dapat mengalami reaksi oksidasi. Kondisi ini apabila menghasilkan temperature cukup tinggi dan berlangsung lama dapat terkonversi secara sempurna dan menghasilkan uap air dan CO₂ yang dilepaskan ke udara (Farel, 2006).

2.3. *Bacillus anthracis*

Antraks telah dikenal sejak jaman dahulu sebagai penyakit manusia dan ternak. Beberapa hal penting dari penelitian awal tentang antraks termasuk konfirmasi *Bacillus anthracis* sebagai penyebab penyakit oleh Robert Koch pada tahun 1876 (Carter, 1985). Potensi *B. anthracis* sebagai senjata biologis digambarkan pada beberapa insiden penting yang terjadi selama 3 dekade terakhir. Tahun 1979, pelepasan spora yang tidak disengaja di fasilitas mikrobiologi militer di Sverdlosk, Republik Rusia, mengakibatkan 96 kasus antraks yang dilaporkan, termasuk 68 kematian pada orang yang kemungkinan besar terpapar melawan arah angin (Abramova *et al.*, 1993).

Bacillus anthracis penyebab penyakit antraks merupakan penyakit yang dapat menyerang ruminansia dan dapat menyerang berbagai jenis mamalia, termasuk manusia. Ada tiga bentuk penyakit yang dapat diamati, masing-masing bentuk bergantung pada jalur infeksi patogen. Antraks kulit, bentuk antraks yang paling umum, terjadi setelah masuknya spora *B. anthracis* yang menular ke dalam dermis melalui sayatan atau abrasi; antraks inhalasi karena masuknya spora ke dalam paru-paru; dan antraks gastrointestinal melalui konsumsi spora. Spora *B. anthracis* setelah masuk ke dalam jaringan inang, spora dapat berkecambah secara lokal, seperti di dermis, atau dapat diangkut ke kelenjar getah bening setempat sebelum berkecambah membentuk basil. Bentuk basil *B. anthracis* merespons pada lingkungan tertentu dengan mengekspresikan faktor virulensi yang mengarah pada inaktivasi dan penghindaran elemen respons imun bawaan inang. Bacilli kemudian bereplikasi dalam jumlah yang sangat tinggi, dan membunuh inangnya melalui mekanisme yang tidak ditentukan secara lengkap yang kemungkinan besar mencakup syok sepsis (Scorpio *et al.*, 2006).

Bacillus anthracis mudah diisolasi dalam jumlah yang relatif tinggi dari darah atau jaringan hewan yang baru saja mati karena antraks. Morfologi koloni *B. anthracis* cukup khas setelah dilakukan inkubasi semalaman pada agar darah. Koloninya relatif besar, berukuran diameter sekitar 0,3–0,5 cm. Warnanya abu-abu putih sampai putih, non- hemolitik dengan penampilan kasar seperti kaca dan memiliki konsistensi yang sangat lengket dan kental. Sel-sel vegetatif *B. anthracis* berukuran besar, berukuran panjang 3–5 µm dan lebar sekitar 1 µm. Sel-sel tersebut

memiliki pewarnaan Gram positif yang kuat, dan rantai panjang sering terlihat secara *in vitro* berpasangan atau rantai pendek terlihat *in vivo*. Deteksi antibodi dalam serum dari hewan yang terinfeksi jarang digunakan untuk diagnostik tujuan dan pada dasarnya adalah alat penelitian (WOAH, 2023).

Penggunaan spora *B. anthracis* pada pengujian ini dikarenakan daya tahan spora *B. anthracis* terhadap suhu tinggi. Hasil penelitian menyebutkan bahwa proses pasteurisasi HTST standar (misalnya, 72°C selama 15 detik) memiliki pengaruh yang kecil terhadap inaktivasi spora *B. anthracis*. Dapat meningkat pengaruhnya jika spora dipanaskan pada suhu 120°C selama 16 detik. Menurut hasil uji yang dilakukan pada produk susu proses termal yang mirip dengan pasteurisasi komersial bersuhu sangat tinggi (135 hingga 140°C selama 1 hingga 2 detik) dapat menonaktifkan spora *B. anthracis* (Sa Xu et al. 2008).

BAB III

MATERI DAN METODE

3.1. Waktu dan Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan uji terap teknik dan metode teknik pemusnahan daging beku menggunakan peralatan sederhana dilaksanakan di Balai Uji Terap Teknik dan Metode Karantina Hewan, Ikan, dan Tumbuhan Jl. Raya kampung Utan - Setu, Cikarang Barat, Bekasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional dan BBKHIT DKI Jakarta pada bulan Januari sampai dengan Desember 2024.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan dan Alat Pengujian

Bahan yang diperlukan adalah kayu bakar, media pertumbuhan bakteri. Sampel berupa daging beku. Isolat spora *B. anthracis non pathogenic* strain *Pasteur* sebagai bakteri model dalam perlakuan pemusnahan media pembawa daging beku. Peralatan yang digunakan untuk proses perlakuan pemusnahan berupa alat penggali tanah, drum, besi beton, blower, kabel termokopel, data logger, peralatan pengujian mikrobiologi.

3.3. Metode

Metode yang digunakan pada uji terap ini adalah metode eksperimen. Uji terap teknik dan metode pemusnahan daging beku menggunakan peralatan sederhana dibagi menjadi tiga tahapan percobaan yaitu pengujian pendahuluan, pengujian di BUTTMKHIT dan pengujian lapang di UPT.

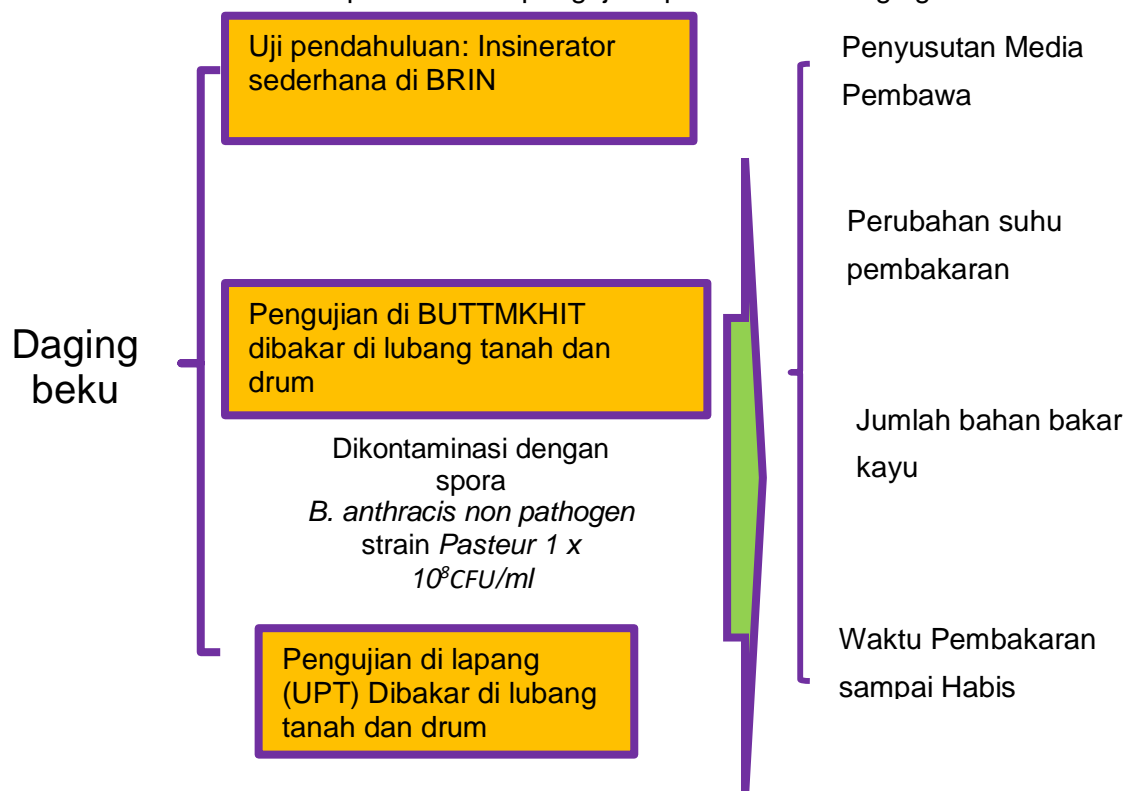
Pengujian pendahuluan dilaksanakan di laboratorium Fisika Material Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Pengujian menggunakan insinerator sederhana dari bahan bata tahan api, burner gas dan blower. Bahan bakar yang digunakan briket. Daging ditimbang dan dibakar kemudian diamati suhu pembakaran pada inti daging serta suhu ruang insinerator. Berat daging ditimbang setiap 1 jam, dihitung waktu yang dibutuhkan sampai seluruh daging habis terbakar serta dihitung jumlah briket yang dibutuhkan.

Tahapan Pengujian selanjutnya di BUTTMKHIT dengan dua metode pembakaran yaitu di lubang tanah dan drum. Prinsip pembakaran yang didapat dari pengujian pendahuluan diterapkan di pengujian pembakaran di lubang tanah dan drum. Daging ditimbang dan dibakar kemudian diamati berat dan suhu inti daging setiap jam, dihitung waktu yang dibutuhkan sampai daging habis terbakar. Komponen lain yang dipantau adalah jumlah bahan bakar yang digunakan (kayu bakar).

Dalam rangka menguji ketahanan agen pathogen terhadap pembakaran maka daging yang dikontaminasi (spike) spora *Bacillus anthracis non pathogen*. Isolasi spora *B. anthracis non pathogenic* akan dilakukan pada arang dari sisa pembakaran daging beku. Arang sisa pembakaran daging beku dilakukan pengujian mikrobiologi untuk mendeteksi keberadaan spora *B. anthracis*.

Tahapan terakhir adalah pengujian lapang di BBKHIT DKI Jakarta dengan metode pembakaran di lubang tanah dan drum. Materi yang digunakan adalah sampel sisa laboratorium BBKHIT DKI Jakarta (Daging beku, pakan ternak, media laboratorium, serum darah dan sampah kering). Daging ditimbang dan dibakar kemudian diamati suhu inti daging, serta waktu yang dibutuhkan sampai daging habis terbakar. Komponen lain yang dipantau adalah jumlah bahan bakar yang digunakan (kayu bakar). Skema perlakuan pemusnahan daging beku dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Skema pelaksanaan pengujian pemusnahan daging beku



Penggunaan Spora *B. anthracis non pathogenic*

Spora *B. anthracis non pathogen strain Pasteur* digunakan sebagai indikator ketahanan dari mikroorganisme patogen yang terkandung di dalam daging beku. Teknik penggunaan *B. anthracis non pathogen* ini dengan cara menginokulasikan spora *B. anthracis non pathogenic* ini di dalam daging segar yang kemudian dibekukan sebelum dilakukan pemusnahan. Spora *B. anthracis non pathogenic* yang sudah dikembangkan pada konsentrasi 1×10^8 cfu/ml diinjeksikan di dalam daging beku dengan perbandingan 1 ml spora *B. anthracis non pathogen* di dalam 10 gram daging beku. Daging beku yang telah dikontaminasikan dengan spora *B. anthracis non pathogen* tersebut kemudian dimasukkan dengan cara disuntikkan ke dalam daging beku. Arang yang berasal dari daging yang mengandung spora *B. anthracis non pathogen* tersebut kemudian dilakukan pengujian mikrobiologi.

Pengujian Mikrobiologi

Kultur *B. anthracis* dilakukan dengan cara daging hasil pembakaran (arang) dipotong kecil, dimasukkan kedalam tabung dan ditambahkan NaCl atau PBS steril (1:5 atau 1:10). Selanjutnya di vortex sampai homogen. Diamkan selama 30 menit, supernatan sebanyak 25-30 ml diinokulasi pada media agar darah 7%, diinkubasi pada suhu 37°C selama 18-24 jam. Amati pertumbuhan bakteri. Koloni *B. anthracis* berwarna abu-abu keputihan, tepi tidak rata, non hemolitik, dan konsistensi liat.

Analisis Data

Analisis data dari hasil uji terap teknik dan metode pemusnahan daging beku menggunakan peralatan sederhana, disampaikan secara diskriptif dan semi kuantitatif. Variabel yang diamati selama pelaksanaan uji terap untuk dilakukan analisis data disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel yang diamati

No	Variabel	Pengujian	
		Lubang tanah	Drum
1.	Penyusutan Media Pembawa		
2.	Perubahan suhu selama pembakaran		
3.	Waktu proses pembakaran		
4.	Ketahanan spora <i>B. anthracis</i>		
5.	Jumlah bahan dan peralatan		
6.	Estimasi biaya yang diperlukan		

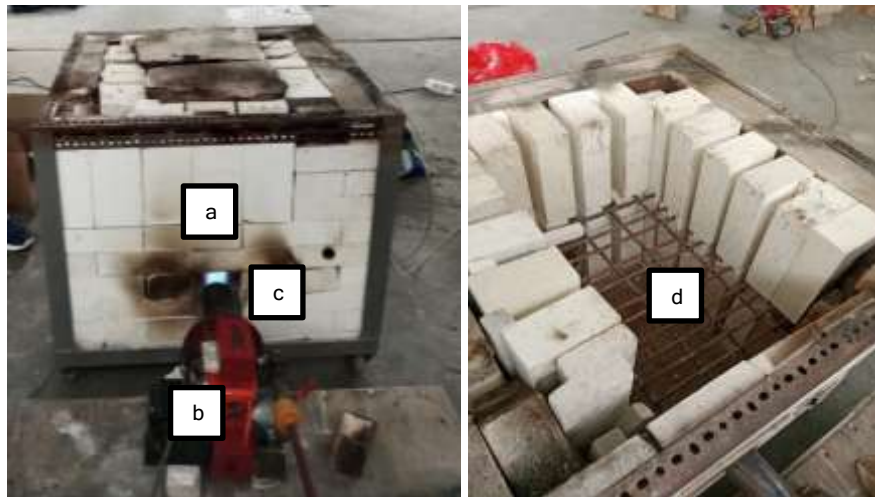
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan di laboratorium Fisika Material Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Pengujian menggunakan insinerator sederhana dari bahan bata tahan api, burner gas dan blower (Gambar 2). Bahan bakar yang digunakan briket. Daging ditimbang dan dibakar kemudian diamati suhu pembakaran pada inti daging serta suhu ruang insinerator menggunakan thermocouple dan data logger. Berat daging ditimbang setiap 1 jam, dihitung waktu yang dibutuhkan sampai seluruh daging habis terbakar serta dihitung jumlah briket yang dibutuhkan. Hasil uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 2.



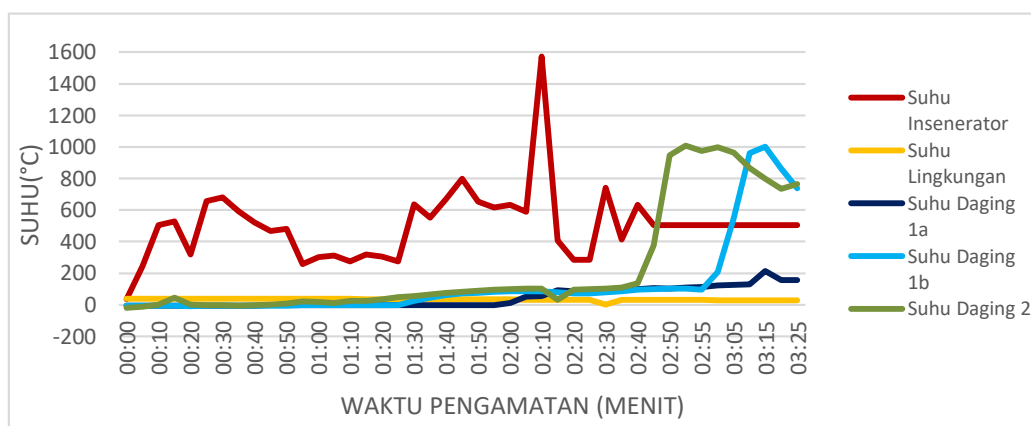
Gambar 2. Insinerator sederhana

Keterangan gambar :

- a. dinding insinerator (bata tahan api), disusun bercelah untuk aliran udara
- b. burner gas dengan blower
- c. lubang blower
- d. rak besi (sekat) membatasi ruang aliran udara (bawah) dan ruang tungku bakar (atas)

Tabel 3. Hasil Pengujian Pendahuluan

Komponen	Hasil
Berat Daging	2,2 kg 5,5 kg
Suhu daging awal	- 6,6°C - 17.97°C
Suhu daging tertinggi	1000,84°C 1007,47°C
Suhu Insinerator	37.07 – 1572,94°C
Jumlah bahan Bakar	14,14 kg Briket
Jenis dan Jumlah pematik api	Gas
Blower	Digunakan
Waktu	3 jam 25 menit



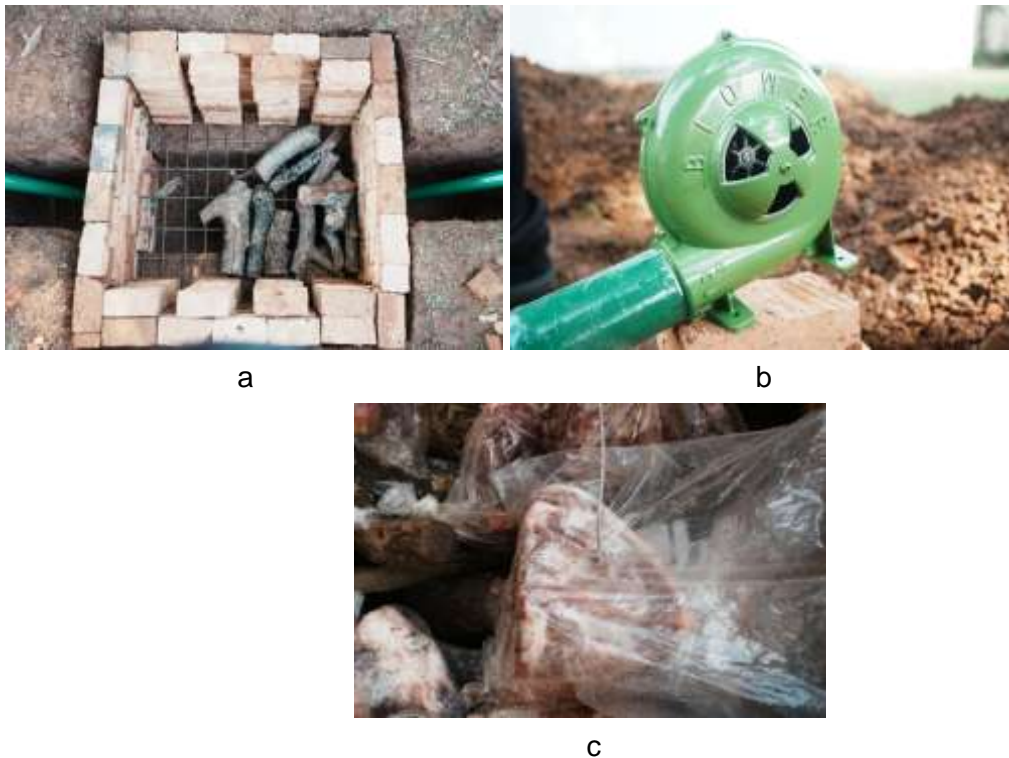
Gambar 3. Grafik perubahan suhu pada pengujian pendahuluan. Thermocouple diletakkan pada ruang insinerator dan inti daging

Pada Gambar 3 dapat dilihat waktu yang dibutuhkan untuk pembakaran daging 5,5 kg (daging 1) dan 2,2 kg (daging 2) selama 3 jam 25 menit. Suhu tertinggi yang dapat dicapai pada inti daging adalah 1007,47°C dan pada insinerator 1572,94°C. Daging 2 lebih cepat membentuk arang (suhu 200°C) pada 2 jam 40 menit, sedangkan daging 1 membentuk arang pada 3 jam 5 menit.

4.1.2 Pelaksanaan Pengujian

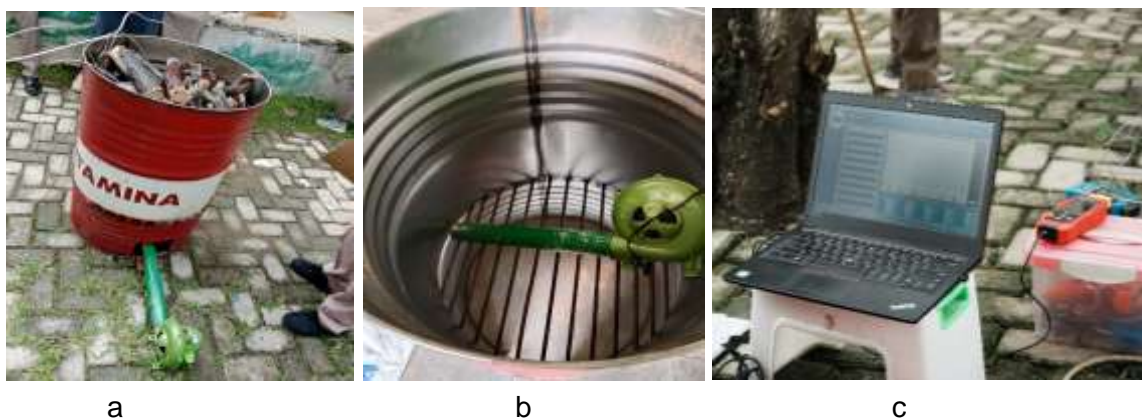
Metode pengujian uji terap selanjutnya dilakukan dengan 2 tahap yaitu pelaksanaan pengujian di BUTTMKHIT dan di UPT (uji lapang). Hasil dari uji pendahuluan sebagai dasar menetapkan rancangan ruang insinerator pada lubang tanah dan drum serta jumlah bahan bakar yang digunakan. Metode pembakaran daging beku dengan lubang tanah dan drum dapat dilihat

pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. a. Lubang tanah, b. Blower, C. Daging beku dengan thermocouple

Pengujian dengan lubang tanah digali menyesuaikan kapasitas daging yang akan dibakar, serta kayu bakar yang dibutuhkan. Ukuran lubang dengan panjang 110 cm, lebar 110 cm, dan tinggi 60 cm. Dibuat parit di kanan dan kiri menyesuaikan panjang pipa blower. Dinding lubang tanah dilapisi bata merah yang disusun membentuk celah sebagai aliran udara. Blower dimodifikasi dengan pipa galvanis untuk memastikan aliran udara masuk ke ruang insinerator dengan baik. Salah satu daging beku yang digunakan dikontaminasi dengan spora *B. anthracis non pathogen*.



Gambar 5. a. Drum 200 L, b. Rak besi (sekat) di sepertiga bawah drum, membatasi ruang aliran udara (bawah) dan ruang tungku bakar (atas), c. Data logger dan thermocouple yang dihubungkan dengan monitor (laptop)

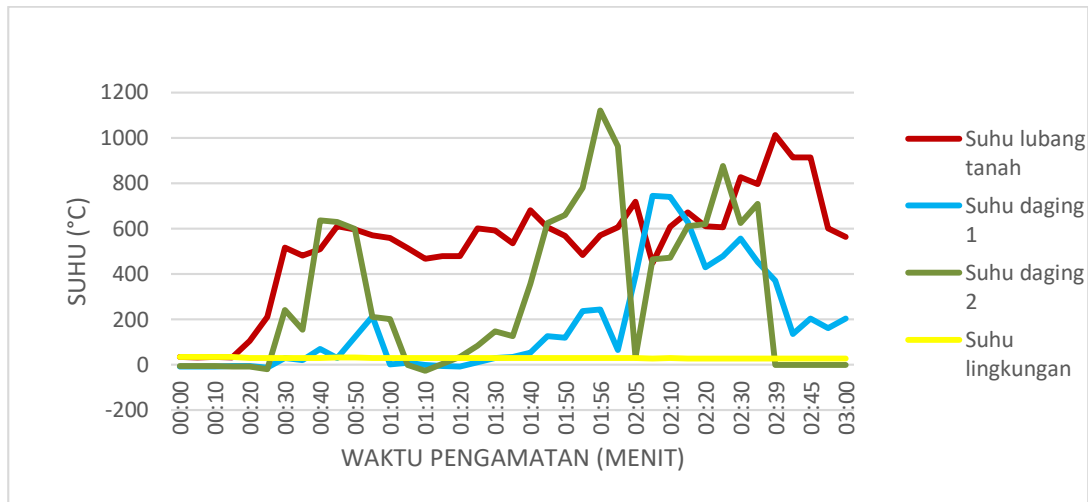
Kedua metode lubang tanah dan drum digunakan pada pengujian lapang di BBKHIT DKI Jakarta. Materi yang digunakan dalam uji lapang adalah sampel sisa laboratorium BBKHIT DKI Jakarta (Daging beku, pakan ternak, media laboratorium, serum darah dan sampah kering). Hasil pengujian metode pembakaran yang dilakukan di BUTTMKHIT dan di BBKGHIT DKI Jakarta tersaji pada Tabel 3.

Tabel 4. Hasil Pengujian pembakaran daging beku menggunakan metode lubang tanah dan drum di BUTTMKHIT dan di BBKHIT DKI Jakarta

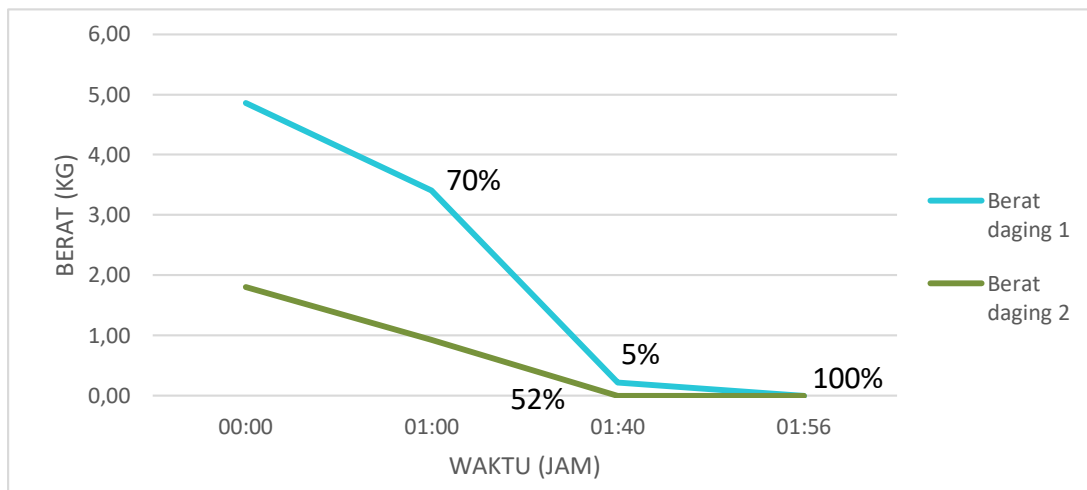
Komponen	Pengujian di BUTTMKHIT		Pengujian Lapang di BBKHIT DKI Jakarta	
	Lubang tanah	Drum	Lubang tanah	Drum
Jumlah Materi yang dibakar (Kg)	19,36	19,9	22,6 (Campur)	19,8
Waktu pembakaran	2 jam 9 menit	2 jam 25 menit	2 jam	2 jam
Suhu tertinggi daging	1121,2°C	823°C	1050°C	788,7°C
Suhu tertinggi tungku	1012,2°C	795,5°C	981,9°C	746,5°C
Perbandingan daging dan Kayu	1 : 3	1 : 2	1 : 3,5	1 : 1,5

Pembakaran menggunakan daging sejumlah kurang lebih 20 Kg. Suhu yang dicapai dikedua metode tersebut juga sangat tinggi mengindikasikan bahwa proses pembakaran berjalan baik dan sempurna. Dengan suhu tersebut dapat dipastikan agen patogen daging terkontaminasi akan mati. Sesuai dengan hasil pengujian mikrobiologis arang daging yang dikontaminasi negatif spora *Bacillus anthracis non pathogen*.

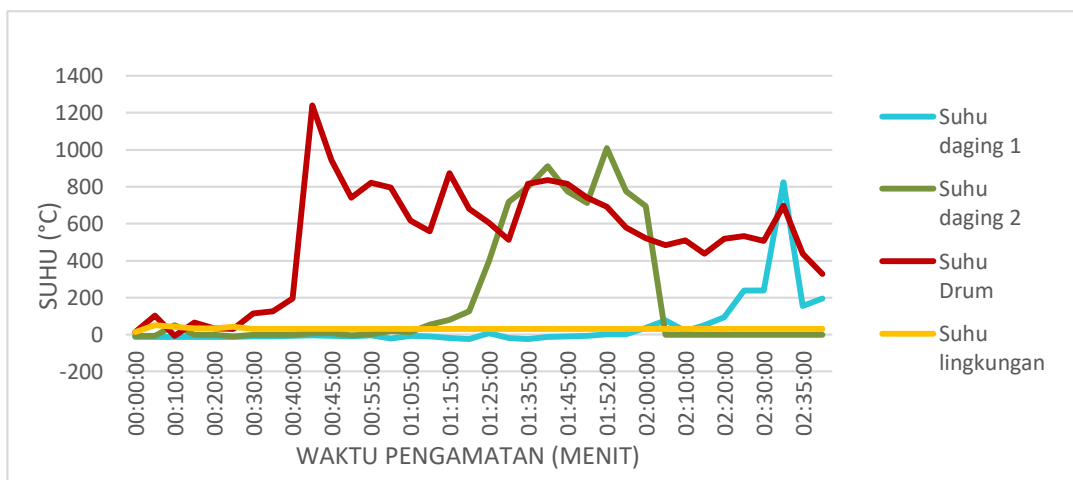
Jumlah kayu bakar yang digunakan pada metode drum lebih sedikit jika dibandingkan dengan metode lubang tanah. Hal tersebut dikarenakan ruangan tungku pada drum yang terbatas dan kecil memanjang ke atas menyebabkan api yang dihasilkan cukup stabil dan efisien karena bahan bakar yang dibutuhkan sedikit (lebih efisien).



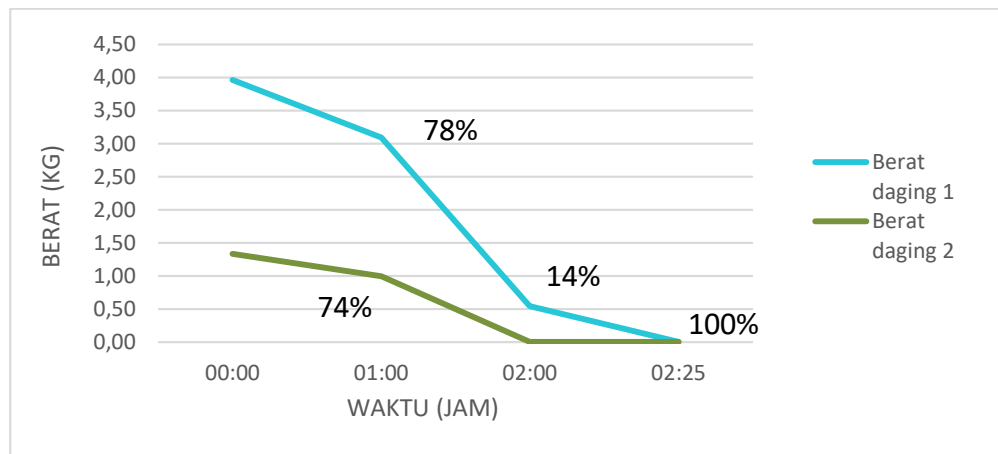
Gambar 6. Grafik perubahan suhu pada pengujian pembakaran metode lubang tanah di BUTTMKHIT



Gambar 7. Grafik perubahan berat daging pada pembakaran metode lubang tanah di BUTTMKHIT



Gambar 8. Grafik perubahan suhu pada pengujian pembakaran metode drum di BUTTMKHIT



Gambar 9. Grafik perubahan berat daging pada pembakaran metode drum di BUTTMKHIT

Pada Gambar 6 apabila daging mencapai suhu 200°C yang merupakan titik perubahan menjadi arang kemudian terbakar sendiri. Daging 2 (ukuran kecil) mencapai suhu tersebut pada 1 jam 30 menit sedangkan pada daging 1 (ukuran besar) terjadi pada 2 jam 5 menit, kemudian suhu daging akan terus meningkat mencapai suhu tertinggi (>1000°C). Suhu tungku di lubang tanah sudah mencapai 200°C sejak 20 menit pembakaran dan mencapai suhu tertinggi di 1000°C. Pada Gambar 8 daging 2 (ukuran kecil) mencapai suhu 200°C pada 1 jam 25 menit sedangkan pada daging 2 (ukuran besar) terjadi pada 2 jam 30 menit, kemudian suhu daging akan terus meningkat mencapai suhu tertinggi (>1000°C). Suhu tungku di dalam drum sudah mencapai 200°C sejak 40 menit pembakaran dan mencapai suhu tertinggi di 1200°C.

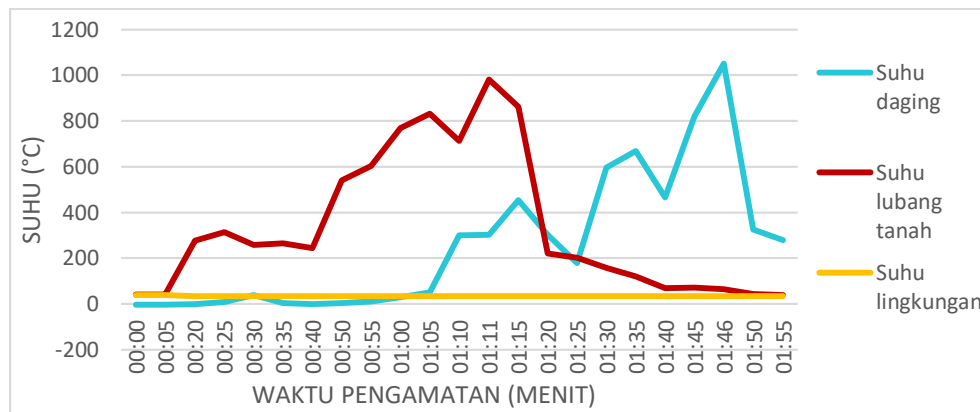
Dari Gambar 6 dan 8 diatas dapat digambarkan pembakaran pada lubang tanah dan drum cukup efektif dan efisien dengan beberapa kondisi yang terpenuhi seperti aliran oksigen yang terpenuhi dengan rancangan tungku yang tepat. Penutupan bata pada dinding tanah membantu kestabilan suhu dalam tungku sehingga energi panas yang dihasilkan tidak habis untuk lingkungan.

Pada Gambar 7 dan 9 merupakan gambaran berat daging yang terus menurun sejak proses pembakaran. Waktu yang dibutuhkan sampai dengan daging habis keseluruhan mencapai 2 sampai 3 jam. Pemusnahan daging dengan metode lubang tanah dan drum menghasilkan daging terbakar sampai menjadi arang sehingga memenuhi syarat pemusnahan media pembawa dalam menjamin HPHK musnah. Hal ini juga diteguhkan dengan pengujian mikrobiologi spora *B anthracis* non pathogen pada arang daging negatif.

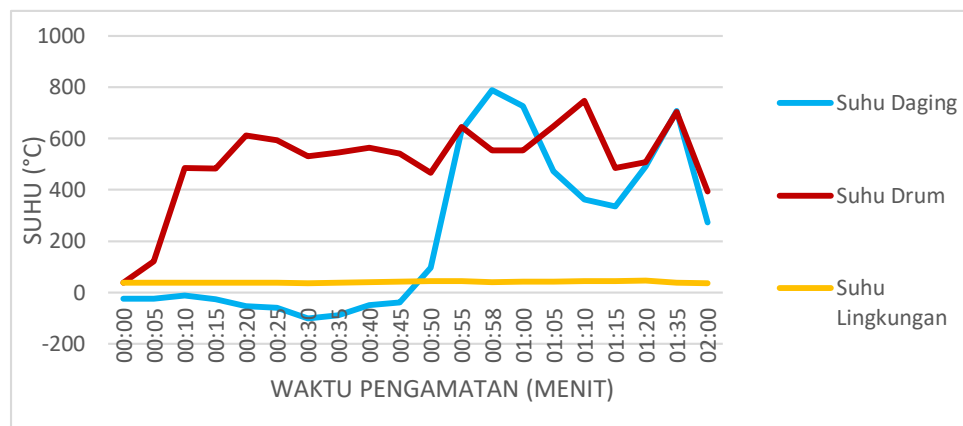
Spora *B. anthracis* non pathogen strain Pasteur digunakan sebagai indikator ketahanan dari mikroorganisme patogen yang terkandung di dalam daging beku. Arang yang berasal dari daging yang mengandung spora *B. anthracis* non pathogen tersebut kemudian dilakukan pengujian mikrobiologi dengan hasil negatif.

Waktu pembakaran pada kedua metode di uji lapang tampak lebih cepat dari pada saat pengujian di BUTMKHIT, hal ini dikarenakan sudah dipahaminya prinsip pembakaran, yaitu

proses pembakaran dimulai dengan pembuatan arang terlebih dahulu kemudian daging dimasukkan ke ruang bakar pada saat suhu tungku sudah tinggi. Pemasukan kayu bakar dilakukan secara bertahap sehingga penggunaannya lebih efisien. Perubahan suhu pembakaran metode lubang tanah dan drum pada pengujian lapang di BKHIT DKI Jakarta dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Grafik perubahan suhu pengujian pembakaran metode lubang tanah pada uji lapang di BKHIT DKI Jakarta



Gambar 11. Grafik perubahan suhu pengujian pembakaran metode drum pada uji lapang di BKHIT DKI Jakarta

4.2 Pembahasan

Proses pembakaran daging beku sesuai skema perlakuan yang sudah dibuat yang dapat dilihat pada gambar 1. Proses pemusnahan dilakukan dalam teknik metode lubang tanah dan drum.

Teknik metode pertama pembakaran dilakukan pada lubang tanah yang digali prosedurnya adalah tanah yang digali akan dilengkapi dengan parit sebagai saluran masuknya udara pada proses pembakaran, yaitu dengan meletakkan blower udara pada parit di kanan dan kiri lubang. Lubang tanah dibuat menjadi 2 ruang (atas dan bawah) dengan sekat besi diantara keduanya sebagai pembatas agar ruang aliran udara tidak tertutup arang kayu dan daging saat proses pembakaran. Pada ruang bawah tersebut akan diberikan ranting-ranting

kering/jerami/daun kering untuk mempermudah dalam menyulut perapian. Ruang atas yaitu diatas rak besi diletakkan potongan kayu bakar yang disusun secara melintang kemudian daging beku di masukan kedalam perapian sampai daging tertutup keseluruhan oleh kayu bakar.

Metode kedua adalah pembakaran daging beku menggunakan drum. Metode ini juga menggunakan prinsip 2 ruang, drum dibagi dua ruang (atas dan bawah) dengan pembatas rak besi. Ruang bawah sebagai ruang kosong tempat aliran udara dari blower yang dipasang dari luar dengan pipa blower di lubang drum. Kemudian ruang atas adalah ruang pembakaran, kayu diletakkan melintang serta daging disusun sehingga tertutup kayu. Daging beku dipasang kabel termokopel yang disambungkan pada data logger untuk mencatat perubahan suhu selama proses pembakaran berlangsung. semua metode perlakuan dihitung waktu serta jumlah bahan bakar yang dibutuhkan.

Pembakaran pada tanah merupakan salah satu metode konvensional dalam pemusnahan karkas, dimana masih dipraktikkan diberbagai negara berkembang. Pembakaran bangkai saat wabah penyakit PMK dan Anthraks dilakukan dengan pembakaran di tanah, meskipun terdapat potensi terjadinya pencemaran tanah dan udara tetapi tidak terbukti secara signifikan terjadinya pencemaran tersebut, dampak sosial seperti bau dan pemandangan yang kurang baik masih menjadi masalah yang utama (Baba IA, 2017)

Proses pembakaran akan berjalan dengan baik apabila terpenuhinya persyaratan pembakaran yaitu bahan bakar, panas atau energi aktivasi dan unsur pengoksidasi (oksigen/udara) (Alamsyah, 2009). Penyediaan blower sebagai suplai udara tambahan serta rancangan 2 ruang yaitu ruang bawah sebagai ruang aliran udara dan ruang tungku dapat memastikan terpenuhinya persyaratan pembakaran tersebut. Terjadinya kenaikan dan penurunan temperatur disebabkan oleh variasi udara yang berbeda, dimana semakin besar udara yang dimasukkan dalam ruang bakar dengan bahan bakar yang tetap, maka temperature ruang bakar akan semakin meningkat dan sebaliknya (Abdullah 2010).

Proses pembakaran dengan kedua metode tersebut dapat membakar daging beku sampai menjadi arang dan mencapai suhu hingga 700 - 1100°C baik suhu pada tungku maupun suhu pada inti daging, membuktikan bahwa pembakaran yang terjadi mencapai suhu optimal tinggi (> 700°C) (Almu et al 2014). Secara umum untuk membakar kurang lebih 20 kg dibutuhkan waktu 2 – 2,5 jam. Pembakaran yang sempurna memerlukan temperatur tinggi, lebih tinggi dari 650°C. Temperatur lebih tinggi sekitar 1000°C diperlukan untuk membakar campuran sampah medis yang mengandung bahan berbahaya dengan waktu tinggal minimal 1 detik (Rudend AJ dan Hermana J, 2020) dalam reviewnya Baba AI, 2017 menyatakan bahwa secara umum insinerasi menghancurkan protein prion lebih efektif daripada metode pembuangan ternak lainnya dan dari aspek kesehatan manusia dan hewan suhu insinerasi yang tinggi dapat menghancurkan patogen zoonosis dan hewan, termasuk *Bacillus anthracis*.

Daging sapi memiliki komposisi kimia yaitu mengandung kurang lebih 65-80% air, 16-22% protein, 0,5% karbohidrat, serta 1,5-13% lemak (Soeparno, 2005), sehingga masing-masing komponen tersebut membutuhkan energi yang berbeda dan cukup sulit dibakar. Berdasarkan hasil dari pengujian pendahuluan pembakaran pada daging harus secara langsung terjilat api atau tersentuh api, bagian luar daging yang terjilat api akan membentuk kerak arang demikian seterusnya ke arah inti daging sampai daging habis. Kondisi ini menyebabkan daging yang berukuran besar (>4 kg) akan membutuhkan waktu yang lebih lama serta bahan bakar yang lebih banyak bila dibandingkan dengan ukuran yang lebih kecil. Menurut *Almu et al* 2014 faktor yang mempengaruhi pembakaran adalah ukuran partikel yang lebih kecil akan cepat terbakar.

Komponen yang penting lainnya adalah jenis bahan bakar yang digunakan, pada pengujian ini digunakan kayu bakar yang tersedia dilapang. Jumlah, Jenis, kelembapan serta ukuran kayu bakar harus diperhitungkan. Variasi ukuran kayu bakar diperlukan, ukuran kayu kecil atau ranting serta daun-daun kering digunakan sebagai pemantik api pertama dengan diberi sedikit solar. Kemudian agar api dapat bertahan lama maka dibutuhkan kayu tua yang cukup besar sehingga akan terbentuk arang kayu yang dapat menjaga kestabilan api. Kenaikan temperatur juga dipengaruhi oleh jenis bahan bakar dan karakteristik bahan bakar. Kenaikan temperatur udara pembakaran akan memperpendek waktu pembakaran (*Almu et al* 2014). Jumlah kayu bakar disiapkan tergantung dari jumlah daging. Pada pengujian ini berbagai variasi perbandingan daging dengan kayu 1 ; (1,5 – 3,5) yaitu 1 kg daging dibutuhkan 1,5-3,5 kayu bakar, hal tersebut tergantung dari jenis kayu dan ukuran kayu bakar.

Salah satu tujuan pemusnahan dengan metode pembakaran ini sebagai upaya eliminasi Hama Penyakit Hewan Karantina, pada uji terap ini digunakan spora *Bacillus anthracis non pathogen* yang disuntikkan kedalam daging beku. Spora *B. anthracis* digunakan karena merupakan salah satu spora bakteri yang cukup tahan terhadap panas, dingin, desinfektan dan kekeringan (Stoltenow, 2021).

Kedua metode pembakaran pada lubang tanah dan drum dapat digunakan dalam pemusnahan daging beku menggunakan peralatan sederhana. Metode ini dapat digunakan dalam kondisi khusus dimana tidak tersedia sarana dan prasarana yang memadai atau kondisi darurat seperti dalam kondisi wabah atau daging sudah membusuk. Ruang lingkup pengujian ini belum membahas aspek pencemaran lingkungan. Mengingat hal tersebut, lokasi pembakaran harus jauh dari pemukiman penduduk serta diberi tanda khusus apabila memusnahkan media pembawa yang termasuk penyakit menular/zoonosis.

Pelaksanaan pembakaran di lapangan harus memperhatikan aspek kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dengan menggunakan APD dan peralatan K3 yang diperlukan. Prosedur pemusnahan media pembawa harus melalui pemeriksaan laboratorium terhadap HPHK terlebih dahulu.

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat setelah pelaksanaan uji terap adalah :

1. Teknik dan metode pemusnahan daging beku yang efektif dan efisien dengan peralatan sederhana yaitu pembakaran pada Lubang tanah dan drum.
2. Bahan bakar berupa kayu bakar, dengan perbandingan antara daging dengan kayu 1 : (1,5 - 3,5), tergantung dari jenis kayu, tingkat kekeringan serta ukuran kayu (ranting atau kayu tua), Siapkan sesuai di lapangan.
3. Prinsip pembakaran membutuhkan sumber oksigen yang cukup (blower) serta aliran udara baik.
4. Tungku terdiri dari 2 ruang yaitu ruang pembakaran dan ruang aliran suplai udara /oksigen.
5. Metode pembakaran sederhana digunakan sebagai alternatif dalam kondisi tertentu (sarpras terbatas atau darurat).
6. Lokasi pembakaran mempertimbangkan tidak mengganggu lingkungan.

5.2. Rekomendasi

Setelah pelaksanaan uji terap direkomendasikan :

1. Percobaan pemusnahan daging beku dengan kapasitas besar.
2. Pada SOP pemusnahan metode sederhana juga mencantumkan:
 - Penggunaan APD dan penyediaan peralatan K3 (Apar).
 - metode sederhana hanya untuk kondisi tertentu (Sarpras tidak mendukung dan Darurat.)
 - Daging yang akan dimusnahkan sudah diperiksa laboratorium terhadap HPHK.
 - Lokasi pemusnahan jauh dari pemukiman.
 - Lokasi diberi tanda khusus terutama untuk penyakit menular.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramova, F. A., Grinberg, L. M., Yampolskaya, O. V. and Walker, D. H. 1993. *Pathology of inhalational anthrax in 42 cases from the Sverdlovsk outbreak of 1979*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90, 2291–2294.
- Abdullah, I., Manik N.Y., Barita, Supriatno S., Jufrizal, Supriatno, Zainuddin, Eswanto. Desain Insinerator menggunakan bahan bakar cangkang kelapa sawit. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi. Vol.2., No 1, 34-43. 2019. DOI:<https://doi.org/10.30596/rmme,v2i,3067>.
- Ahuja SM. *Cost Effective Solution for Carcass Disposal in India*. International Journal of Environmental Sciences. 2011;1(6):1–6.
- Alamsyah, 2009. *Mengenal Lebih Dekat Biodiesel Jarak Pagar*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Almu MA, Syahrul, Padang YA. 2014. Analisa Nilai Kalor dan Laju Pembakaran pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) dan Abu Sekam Padi. Dinamika Teknik Mesin, Vol.4 No.2
- Baba IA, Bandy MT, Khan AA, Khan HM and Nighat N. 2017. Traditional methods of carcass disposal: a review. Journal of dairy, veterinary & Animal Research. Vol 5 Issue 1.
- Blake JP. Methods and Technologies for Handling Mortality Losses. World Poultry Science Journal. 2004;60(4):489–499.
- Bradley, K. A., Mogridge, J., Mourez, M., Collier, R. J. and Young, J. A. 2001. *Identification of the cellular receptor for anthrax toxin*. Nature 414, 225–229.
- Carter, K. C. 1985. *Koch's postulates in relation to the work of Jacob Henle and Edwin Klebs*. Med. Hist. 29, 353–374.
- Keena A.M., 2023. Animal carcass disposal options. NSDU Extension, NM1422. North Dakota State University
- Sa Xu, Labuza T.P., Diez-Gonzales F., 2008. Inactivation of *Bacillus anthracis* spores by a combination of Biocides and heating under high temperature short-time pasteurization conditions. Applied and Environmental Microbiology. Vol 7, Number 11. <https://doi.org/10.1128/AEM.02072-07>.
- Saragih, J. P., 2023. Produksi sapi dalam negeri dan kebijakan swasembada sapi. Kajian singkat terhadap isu aktual dan strategis. Vol. XV. No12.
- Scorpio, A., Chabot, D. J., Day, W. A., O'Brien, D. K., Vietri, N. J., Itoh, Y. and Friedlander, A. M. 2005. *Enhanced phagocytosis and killing of encapsulated Bacillus anthracis after treatment with polyglutamate degrading enzymes*. In: *Bacillus ACT Conference 2005*, Santa Fe, NM
- Seoparno. 2005. Ilmu dan Teknologi Daging. Cetakan ke empat. UGM Press: Yogyakarta.
- Stoltenow C.L. 2021. *Anthrax*. North Dakota State University. Extending Knowledge, Change Lives. North Dakota.
- Rudend AJ, dan Hermana J., 2020. Kajian pembakaram sampah plastik jenis polipropilena (PP) menggunakan insinerator. Jurnal Teknik ITS Vol. 9, No. 2. 225-230
- World Health Organisation for Animal Health (WOAH). 2023. *Manual of Standards Diagnostic and Vaccines*. Section 3.1. Chapter 3.1.1