

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Obyek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah satuan kerja Pusat Teknologi Roket BRIN. Sebelum adanya penggabungan Lembaga-lembaga penelitian ini di namakan dengan LAPAN.

Lembaga ini berdiri sejak tahun 1963 dimana memiliki tugas untuk melakukan penelitian terkait kedirgantaraan. Penelitian tersebut termasuk pengembangan roket. Roket yang dikembangkan tidak hanya untuk keperluan sipil namun juga untuk keperluan pertahanan.

Terletak di kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor adalah tempat dari satuan Pusat Teknologi Roket. Lokasinya yang berada di perkampungan dan jauh dari area Industri. Dekat dengan satuan pasukan Bravo TNI angkatan udara.

Pada area Pusat Teknologi Roket mempunyai tugas dalam melaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi roket serta pemanfaatannya. Penelitian dan pengembangan dilakukan mulai dari desain, proses manufaktur metal dan juga propelan, proses perakitan hingga proses uji statik.

4.1.1 Data Limbah Propelan

Data limbah propelan ini adalah limbah propelan yang tidak digunakan dan sudah berada pada kumpulan penyimpanan limbah. Limbah propelan berbentuk silinder dengan konfigurasi *hollow*, konfigurasi *star* maupun tidak beraturan bentuk.

4.1.2 Data Ukuran Tubuh Pekerja

Data Antropometri yang digunakan untuk membantu menentukan batasan-batasan dimensi pada mesin. Dari rencana perancangan insinerator ini diperlukan data berupa tinggi badan, jangkauan lengan dan juga tinggi siku berdiri. Data diambil adalah beberapa teknisi di lingkungan Pustekroket.

Tabel 4.1 Data Antropometri yang diperlukan

No.	Data Antropometri	Tujuan
1	Tinggi badan (Tt)	Menentukan batas minimum tinggi mesin, guna menghindari benturan kepala operator.
2	Jangkauan Lengan (Jhb)	Menentukan lebar maksimum mesin.
3	Tinggi Siku Berdiri dari Lantai (Tsb)	Menentukan tinggi minimal meja dari lantai.

Sumber: diolah oleh peneliti

4.2 Hasil Pengumpulan Data

4.2.1 Perancangan alat insinerator limbah propelan yang sesuai dengan antropometri.

Aspek perancangan alat yang sesuai dengan antropometri pekerja sangat penting dilakukan. Karena saling keterkaitan juga dengan kenyamanan pekerja pada saat pengoperasian. Sehingga pekerja akan fokus dalam pengoperasian mesinnya.

Dalam melakukan rancangan awal dengan menggali informasi mengenai mesin yang pernah ada. Wawancara dengan Bapak Hamonangan sebagai berikut:

Untuk pengolahan limbah propelan ini bisa menerapkan 3 R, yaitu reuse, recycle dan reduce. Beberapa penelitian yang pernah ada yang menggunakan water zet clearing, namun tidak cocok

untuk kapasitas penelitian karena material sedikit. Metode ini adalah metode standar dalam pemusnahan sampel propelan padat yang lazim digunakan oleh institusi produsen propelan padat. Keunggulannya adalah komponen propelan dapat dipisahkan menjadi oksidator, aluminium dan adhesive merupakan keunggulan dari water jet clearing. Namun tentunya teknologi ini terlalu canggih dan ada diluar negeri. Itupun belum tentu juga bisa dilakukan pembelian jika ada rencana kebutuhan. Paling sederhana dalam pengolahan limbah propelan yang dapat dilakukan adalah dengan insinerator.

Pada perancangan instalasi insinerator saling terkait antara beberapa mesin. Seperti dokumen US paten mengenai insinerator untuk pembuangan limbah propelan dan explosif. Pada rancangan tersebut terdiri dari beberapa mesin diantaranya feeding, konveyor, rotary cylinder, chamber dan juga exhaust system.

Masing-masing mesin memiliki fungsi tersendiri. Dalam kaitan dengan antropometri disini peneliti menentukan letak pekerja terhadap beberapa mesin dalam instalasi insinerator.

Dari hasil wawancara dengan Ibu Wiwiek diketahui kebutuhan pertama adalah membagi menjadi bagian kecil hal tersebut telah sesuai juga dengan dokumen US patent yang peneliti gunakan, dimana dalam pengolahan limbah terdapat mesin pertama feed/pemakanan. Adapun wawancara sebagai berikut:

Limbah propelan dipatah kan secara manual itu untuk tujuan memperkecil pembakaran yang terjadi. Tentunya perlu mesin pemotong untuk saat ini. Mesin potong tidak perlu terlalu besar disesuaikan dengan ukuran benda kerja dan juga pekerja. Kesesuaian ukuran mesin dan pekerja akan mudah dalam pengoperasian.

Dari hasil wawancara didapatkan bahwa limbah propelan berasal dari beberapa tempat, seperti di jelaskan dalam wawancara dengan Ibu Wiwiek sebagai berikut:

Terdapat beberapa sumber limbah berasal yaitu pertama dari sisa yang berasal dari mesin *mixer*. Dimensi maupun bentuknya tidak beraturan. Umumnya berbentuk seperti bongkahan batu. Setiap propelan yang telah selesai diproses dilakukan pengujian

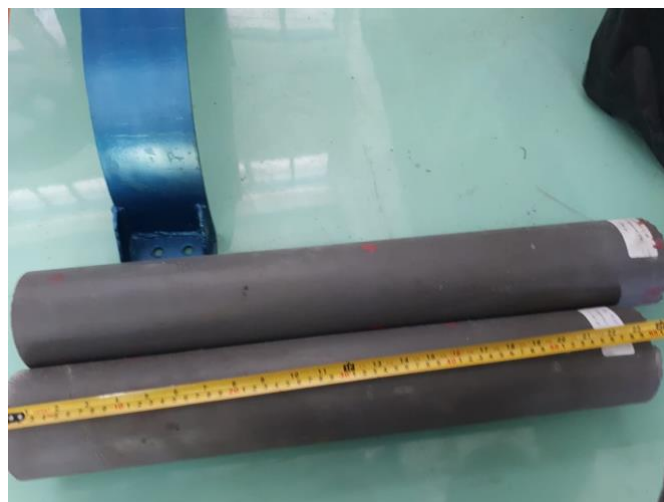
NDT dengan cara radiografi dimana pada bagian-bagian yang mengandung banyak rongga maka dilakukan pemotongan, hasil dari pemotongan tersebut termasuk ke dalam limbah propelan

Sumber limbah yang kedua adalah propelan-propelan yang telah siap dirakit ke dalam tabung motor roket disesuaikan kebutuhan panjang diperlukan Untuk Roket RHan 122-B membutuhkan panjang propelan 2000 mm. Kelebihan dari panjang yang tidak diperlukan masuk ke dalam kelompok limbah propelan.

Artinya banyaknya asal sumber limbah propelan tersebut perlu direncanakan sebagai tempat pengumpulan. Akan ada material limbah propelan yang datang dari beberapa lab untuk berkumpul ke suatu tempat.

Tentunya dalam jumlah besar akan membutuhkan jalur untuk kendaraan berat dalam melakukan perpindahan material. Hal ini penting direncanakan agar tidak mengalami kesulitan pada saat mengumpulkan limbah propelan ke tempatnya.

Hasil observasi menemukan limbah propelan seperti pada Gambar 4.1 Selanjutnya limbah seperti itu yang akan diolah dengan menggunakan rangkaian instalasi mesin insinerator. Diameter propelan 102mm dengan bentuk lurus silinder.



Gambar 4.1 Limbah Propelan Bentuk Silinder

sumber: diolah oleh peneliti

Ukuran limbah propelan tersebut bervariasi panjangnya seperti ditanyakan kepada wawancara penyebab panjang limbah propelan yang berbeda-beda dalam wawancara bersama Ibu Wiwiek menjelaskan bahwa:

Sisa pemotongan ini akan menjadi limbah dan tidak dipergunakan lagi. Jadi setiap satu cetakan propelan akan menghasilkan limbah. Baik berasal dari sisa *reject* radiografi maupun dari sisa pemotongan di liner. Tabung motor roket RHan 122B terdiri dari dua konfigurasi. Ada yang berbentuk Hollow sepanjang 1600 mm dan juga *grain* yang berbentuk *star* dengan panjang 400 mm. total keseluruhannya adalah 2000 mm. Padahal panjang setiap proses pengecoran tersebut 1250 mm. Untuk memenuhi kebutuhan panjang 1600 dan 400 itulah dilakukan pemotongan propelan. Sisa dari pemotongan itu akan menjadi limbah propelan.

Sesuai dengan dokumen penelitian yang ada dalam merancang incinerator limbah propelan dan eksplosif dimana pada skema pertama adalah mesin feeding. Dimana mesin tersebut berfungsi mengecilkan atau memotong-motong menjadi bagian kecil. Hal tersebut karena limbah yang akan diolah memiliki ukuran berbeda-beda.

Hasil observasi lainnya peneliti juga menemukan bentuk limbah propelan tidak hanya dalam bentuk silinder, melainkan dalam bentuk berbeda-beda dengan ukuran lebih pendek. Berikut adalah limbah propelan dalam bentuk lainnya seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Limbah Propelan Bentuk tidak Beraturan

sumber: diolah oleh peneliti

Limbah propelan tersebut merupakan hasil dari proses *mixer*. Dari proses *mixer* propelan-propelan yang menempel pada wadah mixer dibersihkan, hasilnya mengeras seperti bongkahan dalam ukuran kecil seperti pada Gambar 4.2

Informasi yang didapatkan dari Ibu Aprilia yang pernah mengunjungi fasilitas pembuatan roket kaliber 122 pada negara Brazil menjelaskan sebagai berikut:

Dalam memusnahkan limbah propelan pada perusahaan tersebut menggunakan cara di bakar. Dan terletak pada instalasi terpisah dengan bangunan lainnya.

Terkait tata cara penyimpanan limbah propelan Ibu Maharani menjelaskan sebagai berikut:

Limbah propelan sisa hasil mixer disimpan pada wadah yang belum sesuai peruntukannya. Namun dikumpulkan pada tempat tertentu agar mudah pada saat akan mengolahnya. Setiap selesai proses mixer menghasilkan propelan padat yang menempel pada dinding mixer, kemudian dibersihkan dengan majun dan menumpuk seperti bentuk tidak beraturan.

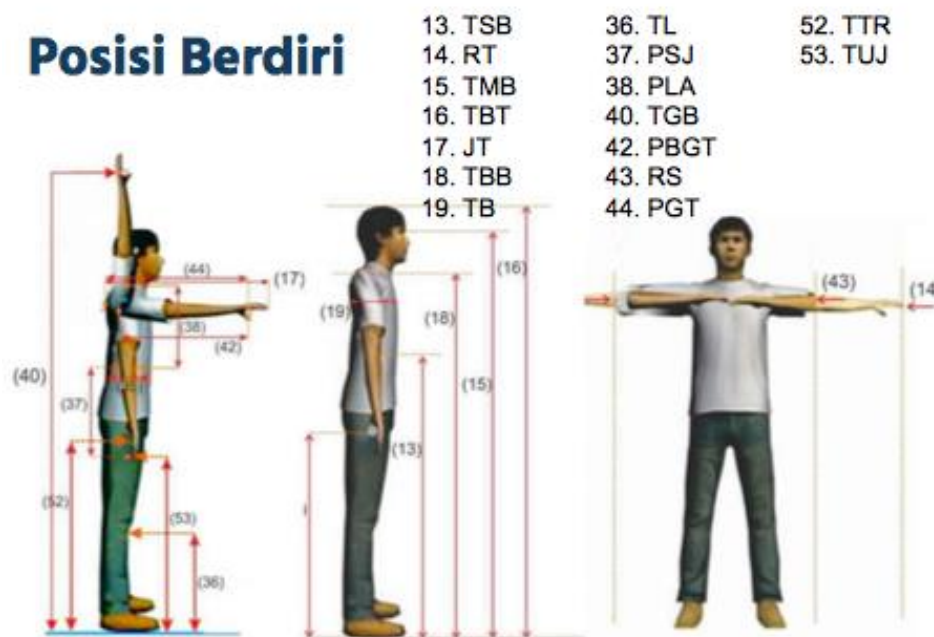
Dari literatur yang ada dalam merancang suatu alat potong. Data antropometri diperoleh dari hasil pengukuran pada tubuh manusia dari teknisi dibagian lab propelan dan juga manufaktur. Adapun bagian yang diukur seperti pada Gambar 4.3 terdiri dari tiga pengukuran yaitu tinggi tubuh, panjang lengan dan juga tinggi siku dari lantai.

Pada saat bertanya tentang alat potong kepada Bapak Rizki yang mungkin diterapkan sebagai berikut:

Mesin potong yang pernah ada menggunakan mata gergaji, hal ini menyebabkan lamanya pengerjaan dikarenakan harus dijalankan pada kecepatan rendah. Dengan menggunakan teknik penekanan yang berupa pisau pemotong bisa dicoba.

Nantinya setelah pada proses pemotongan dilanjutkan dengan konveyor menuju chamber. Sehingga pekerja tidak perlu mendekati chamber.

Dari tahapan pekerjaan yang dilakukan pekerja terkait mesin pengukuran tersebut sangat mempengaruhi pada saat pekerja menjalankan mesinnya. Pada tinggi tubuh pekerja yang menjadi perhatian penting adalah rangka mesin agar tidak berbenturan dengan kepala pekerja. Panjang lengan pekerja berkaitan dengan pekerja dalam meletakkan limbah propelan ke tengah mesin. Tinggi siku berdiri digunakan dalam menentukan tinggi meja kerja.



Gambar 4.3 Posisi Pengukuran Antropometri

Sumber: Nurmianto, 1991

Data yang diambil adalah ukuran tersebut seperti pada Tabel 4.2. Proses pengukuran menggunakan meteran. Posisi pekerja diukur dengan posisi berdiri tegap. Hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Pengukuran

No.	Nama	Tt (cm)	Jhb (cm)	Tsb (cm)
1	Teknisi 1	170	69	104
2	Teknisi 2	165	64	101
3	Teknisi 3	165	64	103
4	Teknisi 4	170	70	106
5	Teknisi 5	164	66	106
6	Teknisi 6	167	62	105
7	Teknisi 7	162	70	106
8	Teknisi 8	175	72	105
9	Teknisi 9	160	62	104

10	Teknisi 10	162	65	104
11	Teknisi 11	174	70	105
12	Teknisi 12	163	65	104
13	Teknisi 13	160	64	106

Sumber: diolah oleh peneliti

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wedantara (2018) memodifikasi *hopper* pada alat potong dengan menyesuaikan antropometri pekerja. Hal tersebut menyebabkan gerakan pekerja tidak terganggu/kesulitan pada saat pengoperasian.

Sedangkan dalam penelitian Bolejack et al. (1974) yang dipatenkan dimana peneliti merancang instalasi insinerator untuk propelan dan bahan peledak menggunakan beberapa peralatan saling terkait seperti *feeding*, konveyor, *metal remover*, *mixer*, *rotary cylinder*, sistem filter hingga *exhaust*.

Rizki yang juga subyek penelitian yang dilakukan wawancara menuturkan hasil rancangan awal sebagai berikut:

Desain alat sudah praktis dan sesuai dengan antropometri pekerja. Namun fitur-fitur tambahan perlu diperhatikan seperti pada desain tatakan. Dimana tatakan tersebut dapat menyulitkan dalam melakukan *leveling* propelan. Berbeda halnya dengan propelan yang berukuran pendek. Dari ketinggian alat, ketinggian meja dari lantai sudah sesuai.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nugraha et al. (2018) rancangan alat sesuai antropometri pekerja maka akan dihasilkan rancangan yang sesuai/*fit* sehingga akan mengurangi beban postur pekerja pada saat melakukan pekerjaan.

4.2.2 Pengoperasian alat insinerator limbah propelan terhadap keselamatan pekerja.

Aspek pengoperasian mesin sangat penting menjadi pertimbangan dalam melihat risiko keselamatan pengguna. Ibu Wiwiek menjelaskan kondisi pengolahan limbah saat ini sebagai berikut:

Limbah propelan dikumpulkan sampai dengan jumlah tertentu. Selanjutnya nanti dilakukan proses pembakaran. Pada saat proses pembakaran yang sekarang dilakukan propelan dibakar pada ruang terbuka, hal tersebut membahayakan keselamatan pekerja. Untuk itu dalam merancang mesin juga jangan sampai justru faktor keselamatan menjadi lebih buruk.

Berdasarkan data wawancara tersebut maka hasil dari rancangan insinerator limbah propelan ini tidak lagi dilakukan pada ruang terbuka dalam proses pembakarannya. Beberapa yang terjadi pada pembakaran ruang terbuka diantaranya:

Kondisi cuaca pada saat pelaksanaan tidak dalam kondisi hujan. Belum lagi arah angin yang akan membawa asap ke tempat banyak kumpulan pekerja. Tentunya akan memperlambat proses pembakaran jika sulit mengontrol api, dimana ketika api membesar proses pembakaran diperlambat dan sebaliknya.

Dari hasil wawancara kenapa salah satunya propelan dipatahkan menjadi bagian kecil seperti berikut jawaban:

Dengan memotongnya menjadi bagian kecil maka akan mudah mengontrol besaran api yang terbakar. Risiko terjadi kecelakaan akan lebih kecil dibandingkan membakar dalam ukuran yang panjang. Bisa saja dilakukan pembakaran pada limbah propelan yang berukuran besar namun api langsung membesar

Sedangkan wawancara dengan Bapak Rizki mengatakan sebagai berikut:

Mesin potong yang dirancang harus dilengkapi dengan berbagai fitur keselamatan. Diantaranya adalah keselamatan agar tangan tidak terpotong, bisa diterapkan menggunakan sistem pengaman pada bagian kaca penutup. Dimana pada saat kaca ditutup maka pisau tidak dapat bergerak.

Dari sisi standar keselamatan gedung menurut Ibu Maharani dijelaskan apa yang harus diterapkan sebagai berikut:

Setiap bangunan harus dilengkapi simbol-simbol keselamatan. Sehingga jelas apa saja yang harus digunakan, seperti APD dan lain sebagainya. Simbol-simbol yang terletak pada material yang dimaksudkan juga lambang/tanda pada bangunan seperti jalur evakuasi. Dimana pada jalur evakuasi harus ada pintu darurat, dilengkapi dengan alat pemadam kebakaran.

Pentingnya meninjau aspek keselamatan secara menyeluruh, karena aspek keselamatan pada mesin tidak mencukupi diperlukan juga keselamatan pada bangunan. Maka dengan begitu para pekerja akan memiliki tingkat keselamatan yang tinggi dalam bekerja.

4.2.3 Keamanan alat insinerator limbah propelan terhadap keselamatan pekerja

Dari aspek keamanan yang di kutip dari Keppres No.63 tahun 2004 tentang pengamanan objek vital nasional dimana disebutkan ancaman dan gangguan terhadap penyelenggaraan pemerintahan negara.

Berangkat dari hal tersebut pentingnya melihat aspek keamanan dalam pengelolaan limbah propelan. Seperti dalam wawancara dengan Ibu Wiwiek yang di kutip.

Setiap pengolahan limbah propelan dengan mengumpulkan bukti fisik berupa data material limbah propelan maupun data foto. Hal tersebut penting nanti untuk pertanggung jawaban pada saat pemeriksaan jumlah asset bahan milik negara.

Dalam ISO12100 (2011) dapat digunakan dalam menentukan batas-batas mesin, mengidentifikasi risiko bahaya seperti menghancurkan, memotong, sengatan listrik ataupun kelelahan. Nantinya mesin yang dirancang memiliki keselamatan yang tinggi untuk pengguna.

Dalam wawancara dengan Ibu Wiwiek menjelaskan lokasi penempatan instalasi insinerator terhadap Gudang kimia sebagai berikut:

Dimana narasumber ini pernah melakukan perhitungan ledakan akibat material di Gudang kimia yang mencapai radius 15 meter. Dengan kapasitas berat material 21 ton. Sedangkan di Korea desain tanggul sampai setinggi genteng dan jauh dari depan. Untuk menambah keamanan pada bagian Gudang kimia perlu dibuatkan tanggul mengelilingi area bangunan.

Dalam penelitian Namudat et al (2018) menyebutkan bahwa setiap objek vital nasional harus memenuhi standar kualitas dan kemampuan serta adanya periodik sistem keamanan.

Menurut Maharani dalam paparannya mengenai rancangan bangunan yang aman sebagai berikut:

Luas ruang penyimpanan sesuai dengan jumlah limbah B3 yang disimpan. Selain itu desain dan konstruksi juga harus mampu melindungi limbah B3 dari hujan dan sinar matahari. Material bangunan juga harus dipilih yang tidak mudah terbakar. Dari system sirkulasi udara juga harus baik. Dari pencahayaan juga harus cukup selain itu lantai kedap air dan tidak bergelombang.

Dari apa yang di jelaskan oleh informan terlihat pentingnya merencanakan desain gedung yang sesuai dalam pengolahan limbah. Dimana ukuran ruangan instalasi yang diperlukan karena terkait keamanan juga keselamatan yang saling berkaitan.

4.3 Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Perancangan instalasi alat sesuai antropometri pekerja

Memulai perancangan dengan menerapkan teori (Dieter, 2016) yaitu:

a. Conceptual design

Pada konseptual desain ini diawali dengan merancang sebuah insinerator yang terdiri dari ruang bakar / *chamber*, pendingin, saluran gas buang dan juga ruang masuk material / *hopper*.

Selanjutnya merencanakan agar seluruh limbah propelan yang akan dibakar dapat melewati *hopper*. Dari situ peneliti melakukan perancangan teknik pemotongan limbah propelan.

Merancang alat pemotong limbah propelan berbeda dengan mesin insinerator limbah rumah tangga. Pada limbah rumah tangga tidak berpotensi terbakar dengan cepat sehingga pemotongan dilakukan berada di atas mesin insinerator. Karena

limbah itu mesin pemotong ditempatkan berjauhan dengan ruang bakar.

Metode pemotongan yang diterapkan terdiri dari berbagai pilihan seperti metode gergaji, tekan atau pencacah. Keseluruhan metode tersebut dapat diterapkan dalam perancangan ini

Limbah propelan yang terpotong selanjutnya dipindahkan ke peralatan lainnya. Perpindahan dari mesin pemotong ke ruang bakar dapat menggunakan beberapa metode. Seperti metode pengiriman dapat dilakukan dengan pekerja atau secara otomatis dengan konveyor.

Kaitan dengan *chamber* pada instalasi Insinerator sangat menguntungkan dengan penggunaan konveyor. Pekerja tidak perlu mendekati *chamber*. Sehingga risiko terkena paparan panas dapat dihindari.

b. *Embodiment design*

Pada tahapan ini konsep dari seluruh komponen dibentuk seperti ruang bakar / *chamber*, mesin pemotong dan lain-lain. Terlihat ukuran dan perbandingan antar komponen. Ukuran hidrolis dan juga penempatan *powerpack* mulai terlihat pada tahapan ini. Terlihat juga mekanisme kerja dari tiap komponen.

c. Detail desain

Pada tahapan ini ukuran detail gambar ditampilkan, sehingga dapat membantu proses manufaktur dalam pembuatan alat. Dengan adanya detail desain, maka komponen yang dibuat akan memiliki kesesuaian antar komponen ketika dilakukan perakitan.

Selanjutnya dari data yang didapatkan ditentukan nilai rata-rata dari pengukuran, standar deviasi, angka persentil 5, persentil 50 dan juga persentil 95.

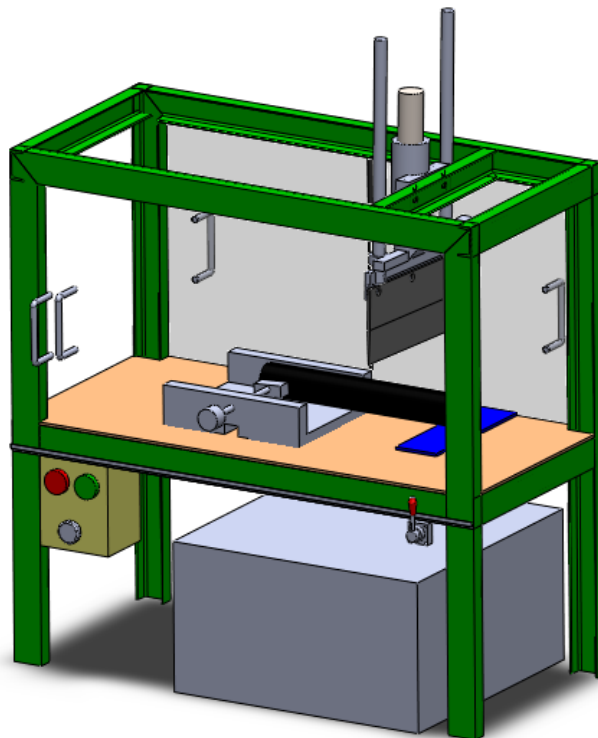
Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Data

No.	Nama	Tt (cm)	Jhb (cm)	Tsb (cm)
1	Teknisi 1	170	69	104
2	Teknisi 2	165	64	101
3	Teknisi 3	165	64	103
4	Teknisi 4	170	70	106
5	Teknisi 5	164	66	106
6	Teknisi 6	167	62	105
7	Teknisi 7	162	70	106
8	Teknisi 8	175	72	105
9	Teknisi 9	160	62	104
10	Teknisi 10	162	65	104
11	Teknisi 11	174	70	105
12	Teknisi 12	163	65	104
13	Teknisi 13	160	64	106
Average		165.92	66.38	104.54
SD		4.97	3.38	1.45
Persentil 5		157.74	60.82	102.15
Persentil 50		165.92	66.38	104.54
Persentil 95		174.11	71.94	106.92

Sumber: diolah oleh peneliti

Menurut (Wignjosoebroto, 2003) untuk menghitung persentil 5 dimaksudkan agar operator yang dimensi tubuhnya berada dalam persentil 5 dapat menjangkau tinggi meja rancangan mesin.

Seperti dalam teori mengenai mesin insinerator Bolejack (1974) dimana terdapat bagian pencacah/pemotong pada material yang akan dimasukkan dalam mesin insinerator. Mesin pemotong ini memiliki fitur yang dirancang memotong sampah propelan. Sehingga potongan yang akan dimasukkan ke dalam mesin insinerator akan sesuai. Berikut dimensi alat potong:



Gambar 4.4 Mesin Potong Propelan

Sumber: diolah oleh peneliti

4.3.1.1 Perhitungan Tinggi Mesin Potong

Persentil 95th = 1741 mm

Tinggi pelindung kepala = 50 mm

Tinggi alas sepatu = 15 mm

Tinggi mesin = $1741 + 50 + 15 = 1806$ mm

Hasil dari perhitungan ketinggian mesin adalah angka minimal dalam rancangan. Tujuan dari penentuan tinggi minimal ini untuk mencegah benturan kepala dengan rangka mesin.

4.3.1.2 Lebar Meja Potong

Pada penentuan lebar meja potong propelan menggunakan ukuran dari data limbah propelan yang ada. Diameter propelan 102mm + *frame* meja dan jarak siku dengan bagian tengah meja $LM = 300 \text{ mm} < 614 \text{ mm}$.

4.3.1.3 Panjang Meja Potong

Pada penentuan panjang meja potong menggunakan ukuran dari panjang limbah yang ada dan juga kebutuhan pemotongan yang akan dimasukkan ke dalam limbah.

4.3.1.4 Perhitungan Tinggi Meja

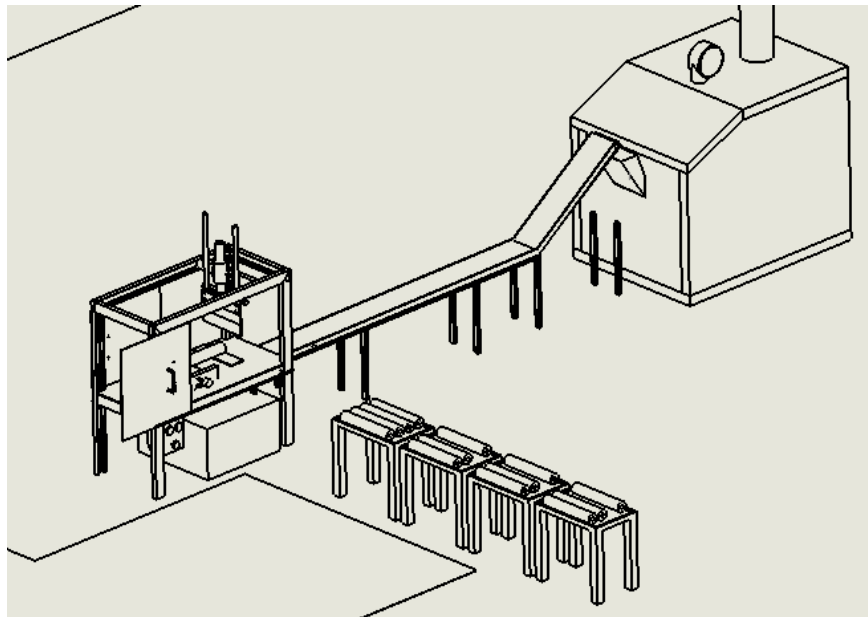
Pada penentuan tinggi meja potong ini menggunakan data antropometri tinggi berdiri dengan persentil 5. Ini bertujuan agar pemakai yang mempunyai tinggi kurang dapat menjangkau. Kesulitan pekerja dalam menjangkau akan menyebabkan permasalahan selain ketelitian juga kecelakaan pekerjaan.

Menurut konz (1979) ketinggian tempat kerja sekitar 3.5 cm di bawah siku. Berarti ketinggian yang dibutuhkan sekitar $1021 - 35 = 986 \text{ mm}$.

4.3.2 Dimensi Konveyor

Fungsi dari konveyor ini adalah memindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam rancangan insinerator ini fungsi konveyor untuk membantu memasukkan limbah yang telah dipotong ke dalam *chamber* melalui *hopper*.

Fungsi lainnya dari konveyor ini adalah agar operator dan kumpulan limbah propelan berada pada posisi yang tidak berdekatan dengan *chamber*.



Gambar 4.5 Jarak Konveyor

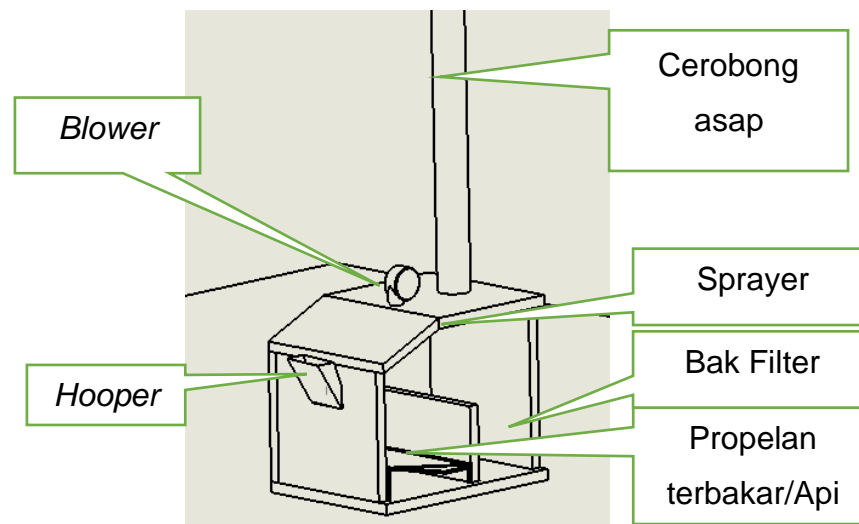
Sumber: diolah oleh peneliti

Panjang konveyor didesain sepanjang 8000mm. Dimana berdasarkan Tabel 2.2 berat di bawah 50 ton jarak aman minimal adalah 8 meter. Jarak tersebut sangat efektif sehingga pekerja tidak perlu mendekat ke ruang bakar. Kelebihan rancangan fasilitas insinerator ini pekerja tidak berinteraksi secara langsung dengan ruang bakar.

Pertimbangan panjang konveyor mempertimbangkan total berat penyimpanan limbah propelan. Dari berat propelan berjenis *hollow* dengan panjang 160 cm massa 19.3 kg sedangkan panjang propelan *star* 40cm massa 4.1 kg. Panjang propelan setiap proses pencetakan sepanjang 125 cm. Total meja penampungan limbah propelan kapasitas maksimal 120 kg di bawah 50 ton.

4.3.3 Chamber

Fungsi *Chamber* ini adalah membakar limbah propelan. Ruang bakar ditempatkan pada bagian ini. Di dalam ruang tersebut terdapat blower yang berfungsi mengalirkan oksigen agar dapat terjadi proses pembakaran. Terdapat ruang pemisah sebagai bak filter penampungan air. Air bersirkulasi dari *sprayer* ke bak filter. Asap pembakaran diarahkan ke cerobong asap. *Hopper* berfungsi memasukkan limbah propelan yang masuk dari konveyor. Berikut ini desain Insinerator.



Gambar 4.6 Chamber

Sumber: diolah oleh peneliti

Dari kebutuhan limbah yang dimasukkan, maka didapatkan dimensi insinerator sebagai berikut:

Dimensi

Hopper : 200 x 400 mm

Ruang bakar (PxL) : 1500x1000 mm

Fungsi dari ruang bakar ini adalah tempat limbah propelan berhenti ketika masuk ke dalam ruang bakar dan terbakar. Untuk itu dibuatkan *stopper* dan posisi miring.

Bak *Filter* (PxL) : 1500x650 mm

Tempat penampungan air ini berfungsi penampungan *sprayer*, kemudian dilakukan sirkulasi.

4.4 Hasil Analisis Data

Tahapan pertama yaitu mereduksi data dengan menyederhanakan data agar bisa dipergunakan sesuai kebutuhan. Dari data-data yang tersedia dilakukan pengolahan melalui kategori data yang tersistematis. Analisis ini guna menjawab permasalahan yang diteliti.

4.4.1 Perancangan alat insinerator limbah propelan yang sesuai dengan antropometri

Dari beberapa pegawai yang ada di satuan kerja Pusat Teknologi Roket, hanya pegawai di bagian produksi propelan yang akan mengoperasikan peralatan ini, sehingga hanya data antropometri teknisi produksi propelan saja yang digunakan.

Dari berbagai data antropometri pekerja hanya tiga bagian penting yang dipergunakan yaitu tinggi tubuh pekerja, jangkauan tangan dan juga tinggi siku berdiri. Data tersebut akan digunakan menentukan batas-batas rancangan mesin.

Selanjutnya adalah ukuran antropometri pekerja ada yang memiliki nilai maksimal dan ada juga yang memiliki nilai minimum. Masing-masing data tersebut digunakan sesuai dengan teori Wignjosoebroto (2003) dalam merancang alat. Seperti dalam merancang tinggi meja menggunakan persentil terendah sedangkan pada ketinggian alat menggunakan persentil tertinggi.

Tabel 4.4 Ukuran Terendah dan Tertinggi Antropometri Pekerja

Item	Tt (cm)	Jhb (cm)	Tsb (cm)
Average	165.92	66.38	104.54
SD	4.97	3.38	1.45
Persentil 5	157.74	60.82	102.15
Persentil 50	165.92	66.38	104.54
Persentil 95	174.11	71.94	106.92

Sumber: diolah oleh peneliti

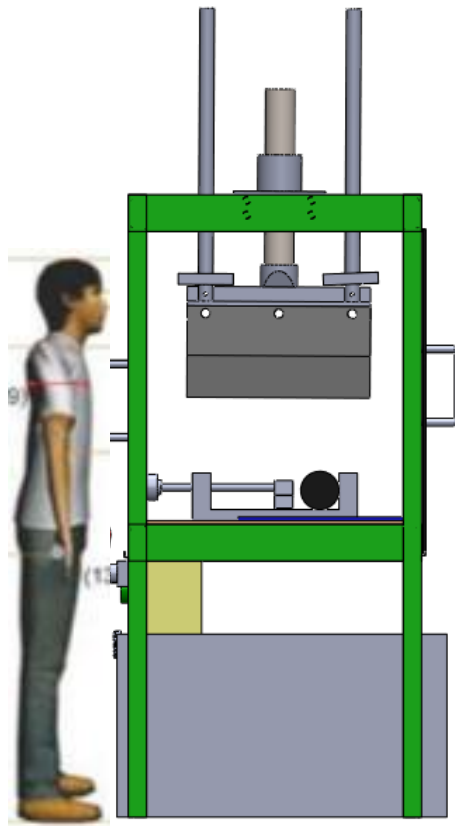
Data dari antropometri dengan data rancangan mesin dihubungkan. Sehingga akan terlihat gap atau jarak keterkaitan antropometri dengan dimensi alat.

Tabel 4.5 Rancangan Mesin Potong

Item	Ukuran
Tinggi rangka mesin	1806mm
Lebar Mesin	< 614 mm
Tinggi Meja	986 mm

Sumber: diolah oleh peneliti

Data dari kedua tabel tersebut diterjemahkan ke dalam gambar teknik agar lebih mudah memahami. Seperti pada gambar Gambar 4.7 terlihat jelas perbandingan pekerja dengan mesin.



Gambar 4.7 Posisi Pekerja dan Mesin

Sumber: diolah oleh peneliti

Dari Gambar 4.7 menghasilkan gap ketinggian rangka mesin dengan tinggi pekerja tertinggi. Dari rancangan tersebut kepala tidak akan terbentur rangka atas karena adanya gap. Sedangkan hubungan jangkauan kurang dari 614 mm agar tidak kesulitan dalam meletakkan benda kerja. Kemudian tinggi meja 986mm masih berada lebih rendah dari pekerja terpendek. Hal tersebut tidak menyulitkan pekerja dalam menaruh benda kerja. Kesimpulan desain mesin sudah sesuai dengan antropometri pekerja.

Pada Gambar 4.7 menunjukkan posisi mesin dan juga pekerja. Dari hasil rancangan terlihat posisi kepala operator terhindar dari benturan dengan rangka mesin bagian atas.

Dari jangkauan tangan pekerja dalam menaruh dan meletakkan propelan masih berada dalam jangkauan tangan. Ketinggian meja mesin tidak menyulitkan pekerja.



Gambar 4.8 Posisi Pekerja dan Mesin

Sumber: diolah oleh peneliti

Penambahan peralatan pendukung terkait sistem pengaman. Penambahan sensor dan pengunci pada jendela kaca dimana pisau tidak bisa bergerak pada saat jendela terbuka. Juga penerangan pada mesin sehingga membantu pekerja dalam pengoperasian mesin.

Benchmarking dilakukan peneliti terhadap peralatan yang sudah ada, dengan tujuan untuk melihat kelebihan dari alat yang dirancang. Beberapa komponen utama menjadi perhatian seperti alat potong *chamber* dan juga mekanisme perpindahan material.

Pada alat potong propelan yang pernah ada ditunjukkan seperti pada Gambar 4.9, dimana bagian a menunjukkan bentuk mesin potong propelan tipe gergaji. Sedangkan pada gambar bagian b menunjukkan hasil rancangan menggunakan tipe pisau.



a. Tipe Gergaji

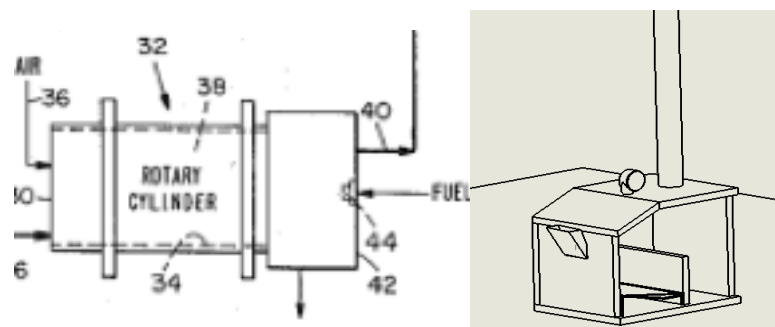
b. Tipe Pisau

Gambar 4.9 Mesin Potong Propelan

Sumber: diolah oleh peneliti

Kelebihan dari hasil rancangan ini adalah kecepatan proses pemotongan. Untuk pemotongan propelan kaliber 122 hanya memerlukan waktu selama 8 detik. Hal ini tidak dapat dilakukan dengan menggunakan mesin potong gergaji, karena dapat menimbulkan panas akibat gesekan berulang-ulang, sehingga gergaji tidak dapat dijalankan dengan kecepatan tinggi. Sedangkan pada gerakan pemakan dengan pisau hanya dilakukan dalam satu kali gerakan vertikal.

Pada bagian *chamber* ada yang menggunakan tipe rotary cylinder. Seperti pada Gambar 4.10 di bagian a menunjukkan *rotary cylinder*. Sedangkan pada rancangan *chamber* tidak diperlukan gerakan sehingga tidak dibutuhkan penambahan gerakan mekanik.



a. Tipe rotary cylinder

b. Tipe Tetap

Gambar 4.10 Chamber

Sumber: diolah oleh peneliti

Selain perbedaan juga terdapat beberapa persamaan diantaranya metode perpindahan material. Dimana pada rancangan ini perpindahan material menggunakan sistem konveyor. Untuk mengalirkan sisa gas buang menggunakan cerobong (*exhaust*)

Hasil rancangan instalasi insinerator sudah sesuai dengan antropometri pekerja. Pekerja dalam pengoperasian alatnya tidak perlu membungkuk pada saat memotong propelan.

4.4.2 Pengoperasian alat insinerator limbah propelan terhadap keselamatan pekerja

Rancangan instalasi insinerator ini terdiri dari berbagai peralatan yang saling terkait satu dengan lainnya. Tentunya dalam pengoperasian bisa saja menimbulkan kecelakaan. Untuk itu di analisis keterkaitan posisi pekerja dengan alat dilakukan.

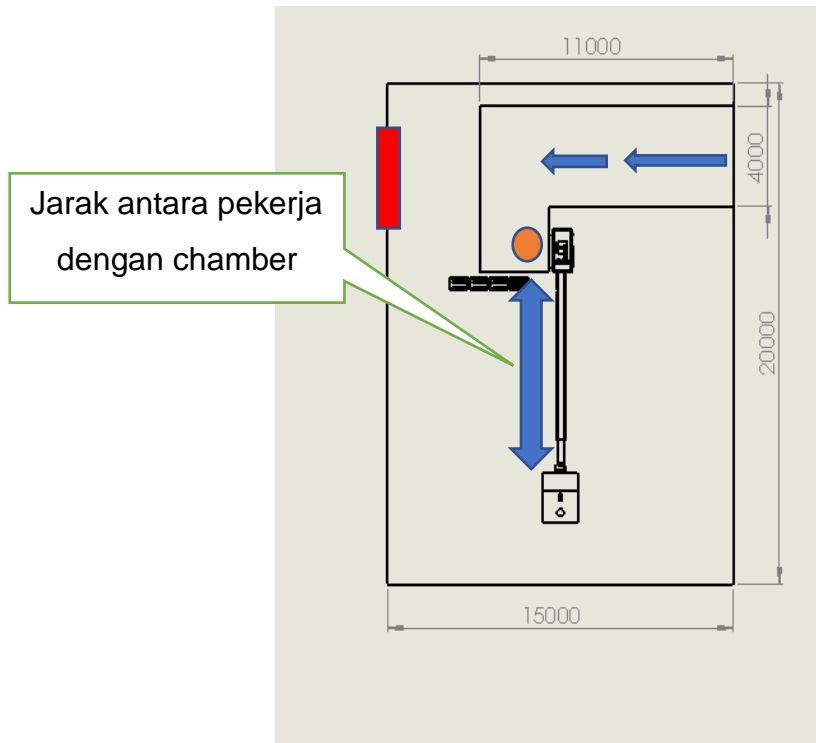


Bagan 4.1 Instalasi Insinerator

Sumber: diolah oleh peneliti

Instalasi insinerator seperti pada Bagan 4.1 dimana dari keseluruhan peralatan posisi pekerja hanya pada bagian mesin pemotong. Artinya pengoperasian dilakukan oleh pekerja pada mesin potong.

Posisi berdiri pekerja terlihat pada warna oranye dalam Gambar 4.11. Gerakan pekerja terkait keselamatan di lakukan analisis pada area tersebut.



Gambar 4.11 Posisi Pekerja pada Instalasi Insinerator

Sumber: diolah oleh peneliti

Dari prosedur pengolahan limbah propelan yang dirancang. Limbah propelan datang melalui pintu masuk dengan kendaraan angkut. Lebar jalan berukuran 4 meter memudahkan kendaraan masuk ukuran lebar 2 meter.

Pada bagian kanan pekerja terdapat kumpulan limbah propelan. Pekerja hanya mengambil dari atas meja dan menaruhnya pada mesin pemotong. Melakukan penjepitan limbah propelan. Selanjutnya menutup kaca pelindung dan menjalankan pisau pemotong.

Dari prosedur tersebut dapat disimpulkan terdapat keselamatan pekerja dalam pengoperasian mesin. Baik mulai memasukkan limbah propelan ke dalam gedung pengolahan maupun pada saat pengoperasian alat.

Dalam melakukan analisis keselamatan ini perlu memahami cara pengoperasian dari mesin tersebut. Selanjutnya dari prosedur pengoperasian maka akan terlihat tahapan-tahapan pekerjaan. Maka selanjutnya *Job Safety Analysis* digunakan untuk melakukan analisis keselamatan pekerja. Adapun prosedur dari pengoperasian mesin insinerator sebagai berikut:

- a. Limbah propelan yang berasal dari masing-masing laboratorium propelan dikumpulkan ke dalam tempat penyimpanan di ruang pengolahan limbah.
- b. Operator alat instalasi insinerator seperti mesin pemotong, konveyor dan juga ruang bakar.
- c. Persiapkan Mesin potong dengan mengarahkan tuas ke atas untuk memastikan posisi pisau berada pada posisi paling atas.
- d. Ambil limbah propelan dari tempat penyimpanan dan meletakkan pada mesin potong propelan, atur posisi pemotongan dan melakukan penjepitan propelan.
- e. Turunkan tuas kontrol hingga propelan terputus.

Maka dari prosedur pengoperasian tersebut terlihat tahapan kerja yang dapat dianalisis keselamatan pada tiap tahapan seperti berikut

Tabel 4.6 Tahapan Kerja dengan Potensi Bahaya Kategori *High* Pada Proses Pemotongan

No.	Tahapan Kerja	Potensi Bahaya	Tindakan atau Prosedur yang direkomendasikan
1	Menaruh limbah propelan pada mesin potong	Tertimpa material, terjepit	Menggunakan <i>safety shoes</i>
2	Memasangkan propelan pada penjepit/ragum	Terjepit	Menggunakan sarung tangan
3	Menjalankan pisau pemotong	Terpotong, Tersengat Listrik	Mengganti material rangka dengan material isolator.

			Memasang penutup sebagai pengaman pada bagian pisau
4	Menjalankan <i>powerpack</i> hidrolik	Gangguan pendengaran	Menggunakan <i>ear plug</i> .

Sumber: diolah oleh peneliti

Pada tahapan pemotongan ini masuk dalam kategori potensi bahaya *high level* dikarenakan dapat menyebabkan cacat atau bahkan kematian seperti tersengat listrik.

Pentingnya penggunaan *safety shoes* selain dapat menghindari kaki dari jatuhnya material limbah propelan pada saat memindahkan juga yang paling terpenting sebagai isolator dengan lantai. Pemilihan material sepatu yang tidak bersifat konduktor sehingga sengatan listrik dapat di hindari.



Gambar 4.12 Tahapan Pemotongan

Sumber: Diolah oleh Peneliti

Adapun hasil dari pemotongan tersebut seperti pada Gambar 4.13. Ukuran-ukuran tersebut sudah dapat masuk melalui *hopper* yang tersedia pada ruang bakar.



Gambar 4.13 Hasil Pemotongan

Sumber: diolah oleh Peneliti

Hasil pemotongan limbah propelan ini yang selanjutnya akan berpindah ke konveyor menuju insinerator. Ukuran-ukuran yang dipotong ketebalan sekitar 10 cm.

Rancangan ini telah sesuai dengan para pekerja teknisi di bagian proses produksi Raket. Para teknisi tersebut dapat bekerja dengan gerakan yang tidak menemukan kesulitan dalam setiap gerakannya.

Tabel 4.7 Perpindahan material pada konveyor

No.	Tahapan Kerja	Potensi Bahaya	Tindakan atau Prosedur yang direkomendasikan
1	Memasukkan potongan limbah propelan ke konveyor	Terjepit	Tidak mendekati mesin konveyor pada saat berjalan. Proses pemasukan potongan limbah propelan dari mesin potong ke konveyor dilakukan secara otomatis

Sumber: diolah oleh peneliti

Mesin konveyor ini berjalan terus pada saat mesin pembakaran dihidupkan. Pekerja hanya mendekati konveyor ketika terjadi kegagalan

fungsi pekerjaan. Prosedur yang harus dilakukan adalah dengan mematikan seluruh mesin. Baru selanjutnya pekerja melakukan pengecekan.

Tabel 4.8 Tahapan Kerja dengan Potensi Bahaya Kategori Medium Pada Proses Mesin *Chamber*

No.	Tahapan Kerja	Potensi Bahaya	Tindakan atau Prosedur yang direkomendasikan
1	Potongan limbah propelan masuk ke dalam mesin	Terbakar	Tidak mendekati mesin ketika menyala

Sumber: diolah oleh peneliti

Potongan limbah propelan yang terbakar menghasilkan sumber panas. Panas pada material maupun pada udara di sekitarnya berupa uap panas. Sangat dilarang pekerja membuka *hopper* pada saat terjadi pembakaran karena uap panas dapat mengenai anggota tubuh. Belum lagi asap hasil pembakaran bisa masuk ke dalam ruangan.

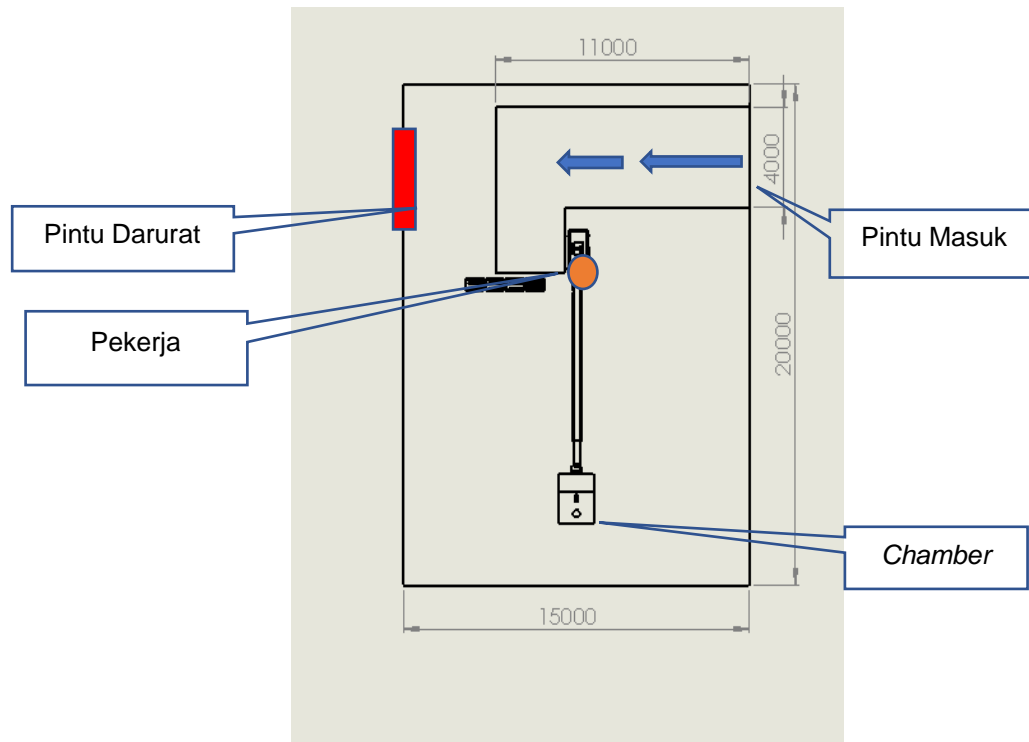
Tabel 4.9 Tahapan Kerja dengan Potensi Bahaya Kategori Medium Pada Instalasi Bangunan

No.	Tahapan Kerja	Potensi Bahaya	Tindakan atau Prosedur yang di rekomendasikan
1	Mengoperasikan mesin potong, mesin konveyor dan mesin <i>chamber</i>	Terkena ledakan, Luka bakar	Disediakan pintu darurat agar dapat memudahkan pekerja keluar jika terjadi kebakaran/ledakan.

Sumber: diolah oleh peneliti

Instalasi insinerator pada satu bangunan ini terdiri dari berbagai peralatan yang saling terkait. Terkait keselamatan pekerja tentunya penempatan-penempatan peralatan tersebut harus terencana. Selanjutnya jika penempatan peralatan sudah dapat ditetapkan akan dapat menentukan kebutuhan bangunan seperti jalur masuk dan evakuasi.

Instalasi insinerator yang dirancang oleh peneliti memiliki beberapa peralatan lainnya. Peralatan-peralatan tersebut memiliki fungsi masing-masing dan saling mempengaruhi. Untuk itu segala peralatan yang saling terkait perlu direncanakan penempatannya.



Gambar 4.14 Tata Letak Insinerator (satuan mm)

Sumber: diolah oleh peneliti

Pada Gambar 4.14 tata letak pengolahan limbah propelan dengan peralatan insinerator merekomendasikan ukuran ruang 20x15 meter. Dengan ukuran tersebut ruangan dapat menampung peralatan insinerator, limbah propelan dan juga kendaraan untuk proses *material handling*.

Desain insinerator pada rancangan ini memiliki perbedaan dengan insinerator pada pengolahan limbah propelan yang ada, dimana propelan dipotong dengan ketebalan sekitar 2cm sebelum masuk *chamber*,

sedangkan pada pengolahan yang ada mencacahnya menjadi partikel-partikel.

Jalur evakuasi gedung perlu disediakan sebagai bagian dari perencanaan tanggap darurat. Dalam kondisi darurat yang terjadi di lingkungan tersebut maka para pekerja ataupun penghuni lainnya akan mengalami kesulitan dalam meneukan jalur evakuasi yang aman dan cepat. Dimana jika terjadi kecelakaan maka penghuni bisa saja tidak menggunakan jalur seperti biasanya dalam keluar masuk namun bisa menuju ke pintu darurat terdekat.

Dalam peta evakuasi ini ini mencangkup beberapa informasi penting seperti jalur pintu keluar, titik kumpul maupun peralatan darurat seperti APAR, kotak P3K, telepon dan nomor kontak darurat dan lain-lain yang mungkin digunakan pada saat darurat. Setiap pengunjung yang akan datang diperkenalkan terlebih dahulu aturan dan juga peta evakuasi.

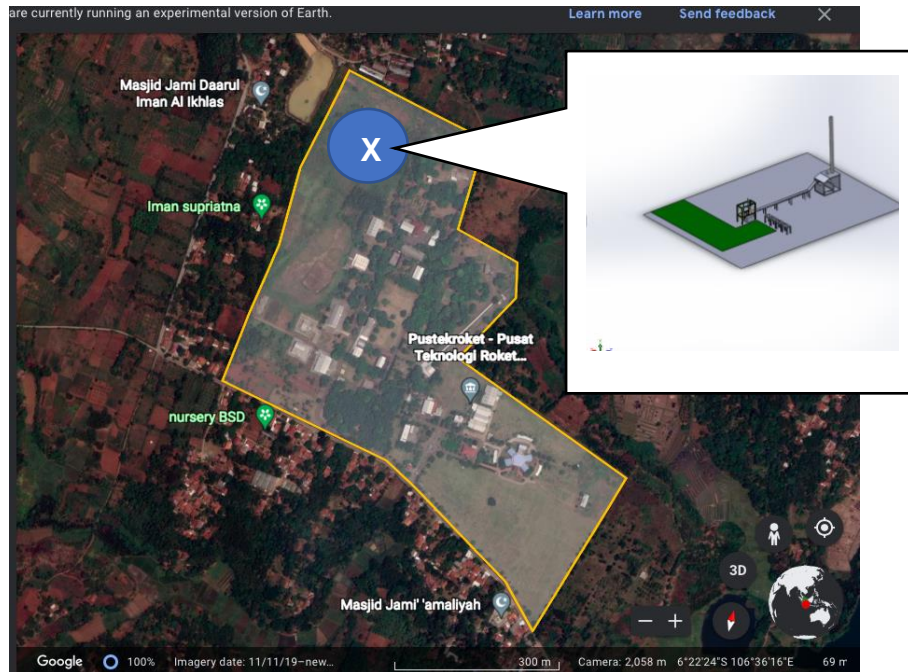
Dari gambar tata letak terlihat bahwa jalan masuk hanya tersedia satu pintu. Dimana jalan masuk tersebut langsung menuju tempat penyimpanan sementara limbah propelan yang akan dimasukkan ke dalam mesin. Memenuhi standar keamanan gedung maka disiapkan pintu darurat.

Kerusakan alam yang terjadi dari proses pengolahan dengan insinerator ini tidak terlihat secara langsung seperti sebelumnya. Dimana pada aktivitas pembakaran di rerumputan kerusakan fisik langsung terhadap lingkungan terlihat dengan terbakarnya rerumputan dan daun pada pohon yang terkena panas (menjadi gosong/hilang/mati). Asap diarahkan melalui cerobong pembuangan. Itu semua karena api terkonsentrasi pada satu tempat.

Prosedur dari pengelolaan limbah propelan ini memiliki standar keselamatan yang tinggi. Dimana risiko terjadinya bahaya kecelakaan sudah dikurangi. Beberapa risiko kecelakaan yang mungkin terjadi sudah dihilangkan.

4.4.3 Keamanan dalam pengelolaan limbah propelan dengan mesin insinerator

Analisis data keamanan pada pengelolaan limbah propelan ini terdiri dari keamanan pada bagian mesin, keamanan pada ruangan dan juga keamanan pada lokasi.



Gambar 4.15 Keamanan Instalasi Insinerator

Sumber: diolah oleh peneliti

Setiap limbah propelan terdapat kodifikasi. Dari kodifikasi tersebut harus terdapat data berat material limbah propelan. Data ukuran berat harus selalu ada, baik sebelum diproses maupun pada saat diproses. Hal tersebut berfungsi melakukan penelusuran data mengenai jumlah yang telah diolah.

Setelah data material ada selanjutnya adalah data pekerja yang melakukan pekerjaan. Data tersebut berupa identitas pekerja maupun data visual. Untuk mendukung data visual diperlukan kamera pada ruang instalasi insinerator.

Dari posisi penempatan yang berada pada area pengamanan dilengkapi dengan pagar pembatas. Hal tersebut mencegah akses keluar masuk dari kalangan umum.

Tanpa data limbah propelan yang ter data dengan baik, data pekerja yang tidak jelas dan juga lokasi penempatan yang tidak tertutup akan berpengaruh pada keamanan instalasi insinerator.

Rancangan dari instalasi insinerator dilengkapi dengan berbagai sistem keamanan. Tujuannya adalah agar limbah propelan yang akan dibakar dapat tidak disalah gunakan. Sehingga prosedur yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

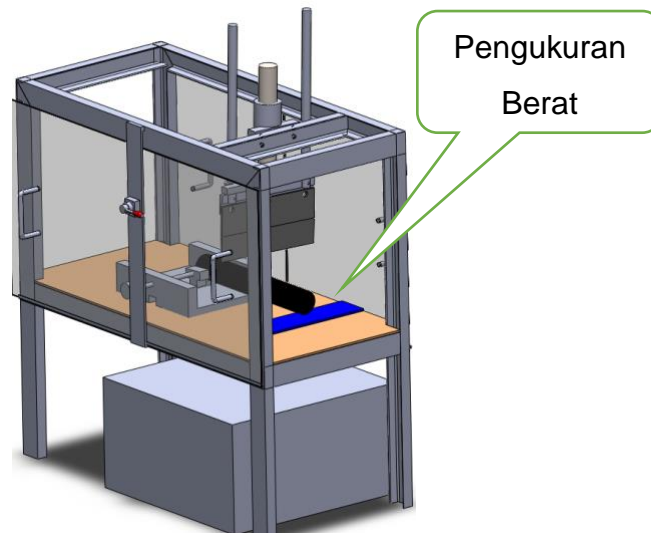
- a. Mencatat nama pekerja dan waktu pelaksanaan.
- b. Mencatat data limbah propelan yang akan dimasukkan.

Selain dari prosedur juga dilengkapi beberapa peralatan pendukung dalam sistem keamanan. Di antaranya yang berkaitan dengan sistem pengamanan seperti:

- a. Penambahan fitur pengukur berat, penempatan *load cell* (sensor berat) pada bagian meja dapat memberikan data berat material yang akan berpindah ke konveyor. Gambar penempatan seperti pada Gambar 4.16

Setiap benda yang telah dipotong dan akan masuk ke dalam konveyor sudah ter data. Data tersebut berupa berat dari propelan. Dengan mendapatkan data berat propelan maka bisa diketahui volume dari material tersebut.

- b. CCTV dilengkapi pada ruangan dapat memonitor aktivitas pekerja.



Gambar 4.16 Pengukuran berat

Sumber: diolah oleh peneliti

Analisis keamanan material limbah propelan ini dimulai dari awal terkumpul hingga masuk ke dalam mesin instalasi insinerator. Untuk itu tempat penyimpanan juga menjadi perhatian.

Untuk jangka waktu lama penyimpanan pada tempat kotak tertutup sehingga akan menyulitkan dari jangkauan tidak bertanggung jawab ataupun tersambar api yang dapat menyulut terjadinya pembakaran. Kotak penyimpanan seperti pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Kotak Penyimpanan Limbah Propelan Sementara

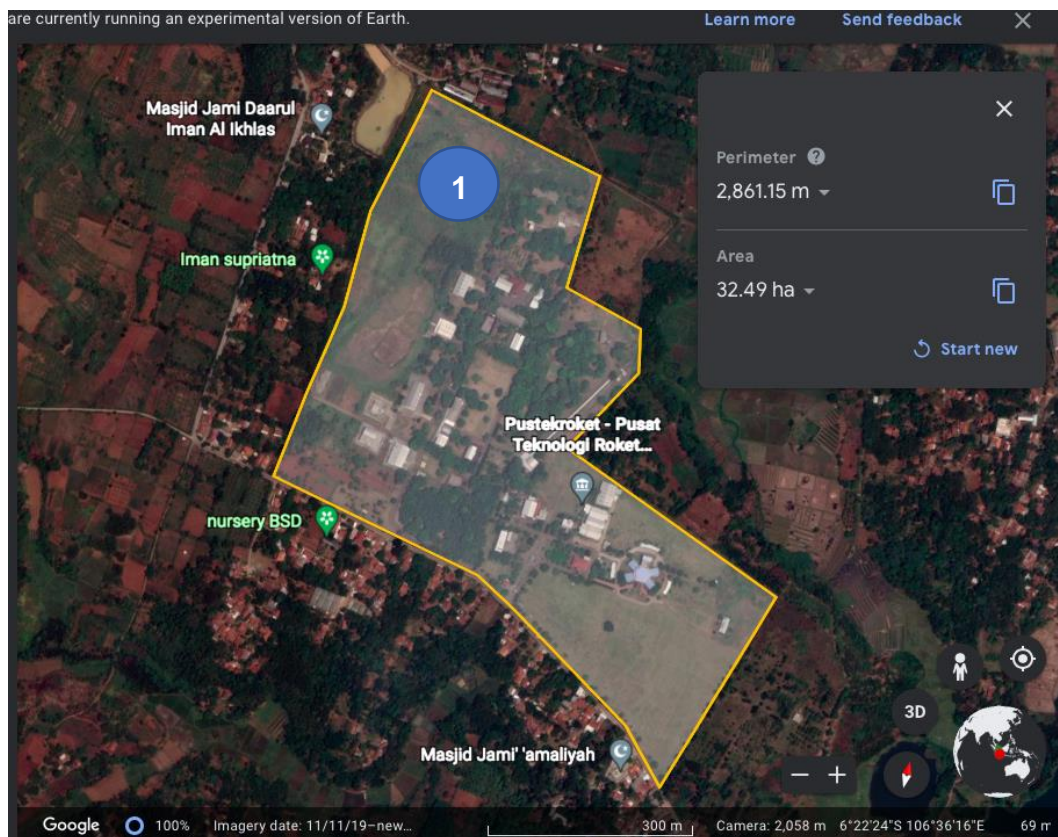
Sumber: diolah oleh peneliti

Kotak yang dilengkapi dengan roda dan juga penutup sangat efektif digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara limbah propelan. Diberikan label keterangan dan juga peringatan. Nantinya limbah propelan yang berada di laboratorium-laboratorium disimpan dalam wadah tersebut. Pada saat pengiriman ke lokasi pengolahan limbah juga memiliki tingkat keamanan.

Keamanan instalasi insinerator dari tata letak instalasi diantaranya:

- a. Instalasi insinerator berada pada ruang tertutup (*indoor*) sehingga akses masuk terbatas.
- b. Penempatan instalasi insinerator masih di dalam wilayah pengamanan objek vital nasional dan di kelilingi oleh pagar pembatas pengamanan.

Jika melihat lebih luas dalam lingkup area Pusat Teknologi Raket BRIN seperti pada Gambar 4.18 dimana area tanah yang dimiliki seluas kurang lebih 32, 49 Ha



Gambar 4.18 Wilayah Pusat Teknologi Raket BRIN

Sumber: *Google earth*, (2021)

Lokasi Pustekroket yang berada di daerah kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor yang sangat berjauhan dengan perkantoran lainnya. Namun jika melihat peta tersebut terlihat banyaknya perkampungan di sekitar wilayah tersebut. Untuk itu penempatan fasilitas insinerator perlu direncanakan dengan baik.

Pada area kosong pada nomor 1 ditunjukkan dalam Gambar 4.18. Jika melihat referensi yang digunakan sebagai jarak aman antara lokasi penyimpanan peledak dengan sumber bahaya maka pilihan nomor satu ini terpenuhi.



Gambar 4.19 Usulan penempatan fasilitas insinerator

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar 4.19 kotak berwarna merah merupakan usulan lokasi penempatan fasilitas insinerator. Hal tersebut dipilih dikarenakan cukup jauh dengan fasilitas lainnya baik laboratorium, maupun Gudang. Daerah terdekat merupakan Gudang kimia dimana jarak sekitar 140 meter begitu juga dengan pemukiman warga yang berada di sekitar pagar batas wilayah.

Wilayah tersebut terdapat fasilitas pengujian yang menghasilkan pembakaran yaitu lokasi uji statis roket. Di mana pada operasionalnya roket dinyalakan pada posisi diam diletakkan pada *testbed*. Kegiatan tersebut menghasilkan semburan api dari pembakaran roket. Jarak lokasi tersebut lebih jauh daripada letak Gudang kimia.

Dari segi material *handling* perlu direncanakan dengan baik, dikarenakan jarak antar laboratorium tidak berdekatan. Pada setiap laboratorium propelan perlu disediakan kotak penyimpanan yang tahan

terhadap korosi. Salah satu kotak penyimpanan sementara yang bisa digunakan seperti pada Gambar 4.17.

Dilihat dari sisi keamanan wilayah penempatan fasilitas insinerator masih berada dalam pagar batas wilayah. Sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya pencurian atau tindakan yang tidak diharapkan datang dari luar wilayah. Untuk area tersebut dijaga oleh satuan pengamanan kawasan objek vital nasional.

4.5 Interpretasi Data

Berdasarkan hasil analisa dari beberapa metode dengan data didapatkan dari hasil penelitian. Selanjutnya digabungkan antara beberapa kriteria untuk mendapatkan jawaban mengenai rancangan yang sesuai dengan antropometri pekerja, prosedur pengoperasian

4.5.1 Perancangan alat insinerator limbah propelan yang sesuai dengan antropometri

Menurut Nugraha et al. (2018) rancangan alat sesuai antropometri pekerja maka akan dihasilkan rancangan yang sesuai/*fit* sehingga akan mengurangi beban postur pekerja pada saat melakukan pekerjaan.

Pada rancangan ini sudah sesuai dengan antropometri pekerja maka tidak ada beban berlebih/kesulitan gerakan pekerja pada saat pengoperasian. Hasil rancangan alat tidak terlalu tinggi maupun tidak terlalu. Sehingga faktor keselamatan tinggi pada rancangan alat ini.

Menurut Tarwaka & Bakri (2016) dalam membuat rancangan alat, pekerja tidak boleh terlalu rendah maupun terlalu berlebihan. Posisi yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi akan menimbulkan stres. Untuk itu desain rancangan yang tidak sesuai antropometri tidak diperbolehkan.

Pada saat berdiri pekerja di depan mesin, data rancangan dan data tinggi pekerja terdapat jarak sehingga pekerja tidak perlu lagi menundukkan kepalanya. Pada saat menaruh benda kerja ke mesin, jangkauan tangan

dapat menjangkau pada bagian tengah meja. Begitu juga pada saat meletakkan benda di atas meja.



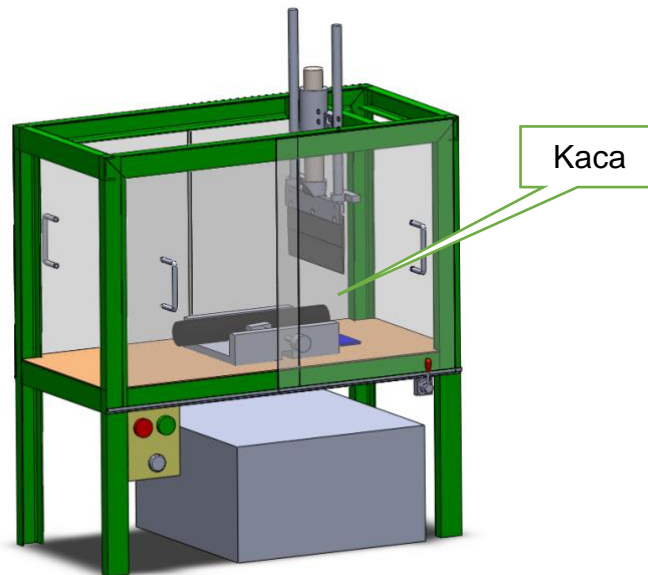
Gambar 4.20 Posisi Antropometri Terhadap Rancangan

Sumber: diolah oleh peneliti

Jika rancangan rangka mesin terlalu pendek akan mengakibatkan terbenturnya kepala pekerja atau harus membungkukkan kepala untuk menghindari benturan. Sedangkan pada jangkauan tangan yang tidak dapat menggapai bagian tengah maka akan berusaha lebih untuk menjangkaunya. Sedangkan pada ketinggian meja yang terlalu tinggi maka akan kesulitan bagi pekerja yang memiliki tinggi badan rendah.

4.5.2 Pengoperasian alat insinerator limbah propelan terhadap keselamatan pekerja

Keselamatan pekerja berkaitan dengan mesin pemotong propelan karena terletak berhadapan dengan pekerja dan dioperasikan langsung oleh pekerja.



Gambar 4.21 Keselamatan Pekerja Terhadap Mesin

Sumber: diolah oleh peneliti

Tanpa kaca pelindung seperti pada Gambar 4.21 yang berfungsi untuk menghindari potongan propelan yang terpelempar mengenai tubuh pekerja. Selain itu fungsi dari kaca untuk melindungi tangan pekerja yang terpotong oleh pisau pemotong.

Pekerja dalam pengoperasian melakukan gerakan di sekitar mesin tersebut. Dengan adanya kaca penutup maka keamanan mesin tersebut tinggi. Pekerja tidak akan terkena potongan limbah propelan yang terpelempar ataupun tangan terpotong

4.5.3 Keamanan dalam pengelolaan limbah propelan dengan mesin insinerator

Keamanan pengelolaan limbah propelan ini terdiri dari beberapa data yang diperlukan. Pertama adalah identitas dari pekerja, hal tersebut bisa didapatkan dari kamera pengawas berada di ruangan. Kemudian data material mengenai berat, sehingga limbah propelan yang dibakar terdata jumlahnya. Jika hal tersebut tidak terdata maka akan dengan mudah terjadinya penyalahgunaan material limbah propelan.

Berdasarkan lokasi penempatan yang berada pada area jangkauan pengawasan akan menyulitkan kalangan umum akses ke daerah tersebut. Sehingga setiap pengunjung di instalasi insinerator tersebut harus berizin dan terdata di bagian pengamanan.

4.6 Pembahasan

4.6.1 Desain alat insinerator limbah propelan yang sesuai dengan antropometri.

Dalam sebuah rancangan alat yang tidak sesuai dengan antropometri pekerja maka akan menimbulkan permasalahan. Permasalahan seperti kesulitan bergerak pada saat pengoperasian maupun tekanan yang menyebabkan stres berlebih pada tubuh pekerja.

Dari rancangan instalasi insinerator limbah propelan di dapatkan desain mesin yang tidak menghalangi gerakan pekerja pada saat pengoperasian alat. Dimana pekerja dapat dengan mudah melakukan aktivitas mengoperasikan mesin.

Batasan tinggi rendahnya dalam rancangan alat seperti ketinggian meja sudah sesuai dengan antropometri seperti menurut Tarwaka & Bakri (2016) dalam membuat rancangan alat, pekerja tidak boleh terlalu rendah maupun terlalu berlebihan.

Hasil rancangan tidak menambah beban postur pekerja sesuai dengan teori dari Nugraha et al. (2018) dimana dengan merancang alat yang sesuai antropometri pekerja maka akan dihasilkan rancangan yang sesuai/*fit* sehingga akan mengurangi beban postur pekerja pada saat melakukan pekerjaan.

4.6.2 Pengoperasian alat insinerator limbah propelan terhadap keselamatan pekerja

Keselamatan pekerja dalam pengoperasian alat insinerator sangat penting. Selain berkaitan dengan bahan mudah meledak juga adanya alat potong dan juga pembakaran yang dapat berpotensi menyebabkan kecelakaan.

Dari hasil rancangan instalasi insinerator ini sudah dilengkapi dengan sistem keselamatan. Sistem tersebut dapat mencegah terjadinya kecelakaan pada saat pekerja mengoperasikan alat. Seperti pada fungsi kaca yang menghindari tangan terpotong pada saat pisau bergerak.

Seperti pada Menurut *OSHA 3071:2001* dimana jika resiko kecelakaan tidak dapat dihindari maka dapat dikurangi. Dengan pemasangan kaca pengaman adalah upaya mencegah terjadinya kecelakaan akibat terpotong.

4.6.3 Pengoperasian alat insinerator limbah propelan terhadap Keamanan

Keamanan dalam pengolahan limbah propelan ini sangat penting. Cara kerja dari sistem insinerator ini akan menghilangkan material limbah propelan. Disisi lain limbah propelan ini masih dapat difungsikan untuk keperluan lain yang dapat membahayakan keselamatan. Akibat lemahnya sistem keamanan maka akan menimbulkan permasalahan seperti penyalahgunaan untuk kejahatan.

Hasil dari penelitian terhadap aspek keamanan instalasi insinerator telah terpenuhi. Data material maupun data pekerja dapat ter data dengan jelas. Dimana dengan adanya sistem pendataan maka dapat dilakukan pengecekan secara periodik sesuai dengan standar pengaman objek vital nasional yang terkait manusia, barang, tempat dan juga kegiatan seperti produksi