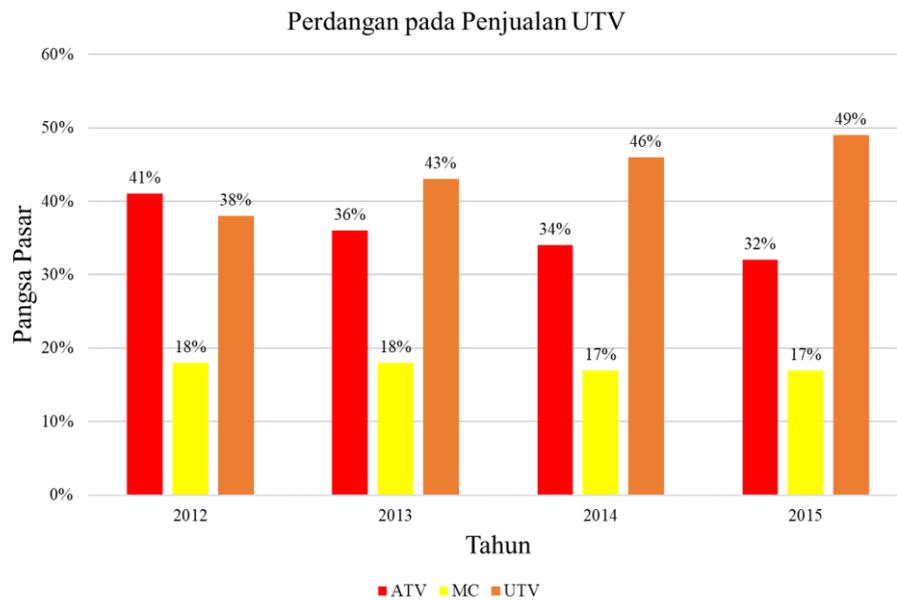


BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Utility Task Vehicles atau *Utility Terrain Vehicle* (UTV) mengalami pertumbuhan pesat di sektor olahraga dan sektor kebutuhan dalam beberapa tahun terakhir. Sebuah studi oleh CDK Global Recreation (2016) menunjukkan bahwa *dealer* terus melihat peningkatan dari penjualan UTV.

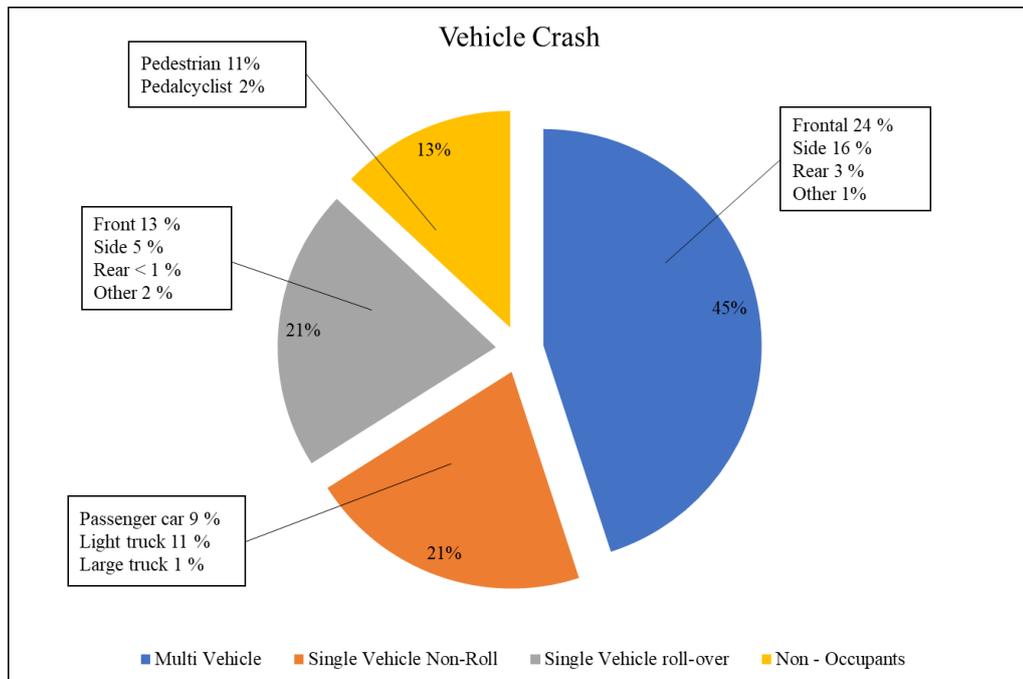


Gambar I. 1 72.300 unit UTV terjual dengan tren perdagangan, tahun 2012-2015
(Dari “UTVs increase unit share gains since 2012,” oleh CDK Global Recreation, 2016, Powersports Business, 14)

Pada tahun 2012, 41 persen kendaraan perdagangan yang masuk adalah ATV; 38 persen adalah UTV. Pada tahun 2015, perdagangan ATV yang masuk telah menurun 7 poin persentase menjadi 32 persen. Dalam periode waktu yang sama, perdagangan masuk UTV meningkat sebesar 11 poin persentase menjadi 49 persen. Hal ini menarik perhatian beberapa produsen kendaraan *off-road* terkemuka untuk masuk ke segmen ini. UTV mempunyai ketangkasan lebih dari *Sports Utility Vehicles* (SUV) dan dikemas dengan kemampuan membawa muatan lebih banyak dari pada *All-Terrain Vehicle* (ATV). UTV merupakan titik temu diantara petualangan *off-road* dan kegiatan pekerjaan. Penggunaan UTV bisa

untuk pertahanan, penyelamatan, pengawasan, pertanian dan penambangan dimana itu dapat memicu penjualan UTV di seluruh dunia (Smith, 2018). Bahkan pasar UTV secara global mencapai volume 358 ribu unit pada 2015 dan akan mencapai 588,2 ribu unit pada 2020, berdasarkan pertumbuhan pada CAGR 10,44% (Maida, 2016).

Dengan meningkatnya jumlah kendaraan, kemungkinan untuk terjadinya tumbukan dan kematian menjadi meningkat. Data mengenai modus tumbukan (Gambar I.2) yang terjadi pada negara Amerika Serikat, yang juga diyakini terjadi pada negara-negara lain, menunjukkan bahwa modus tumbukan *frontal* merupakan kejadian yang paling banyak terjadi (Lu & Yu, 2011).



Gambar I. 2 Distribusi modus kecelakaan fatal di Amerika Serikat pada tahun 2000

((Dari “*Energy absorption of structures and materials,*” oleh Lu, G., & Yu, T, 2011, *Energy Absorption of Structures and Materials,* 1–24.).

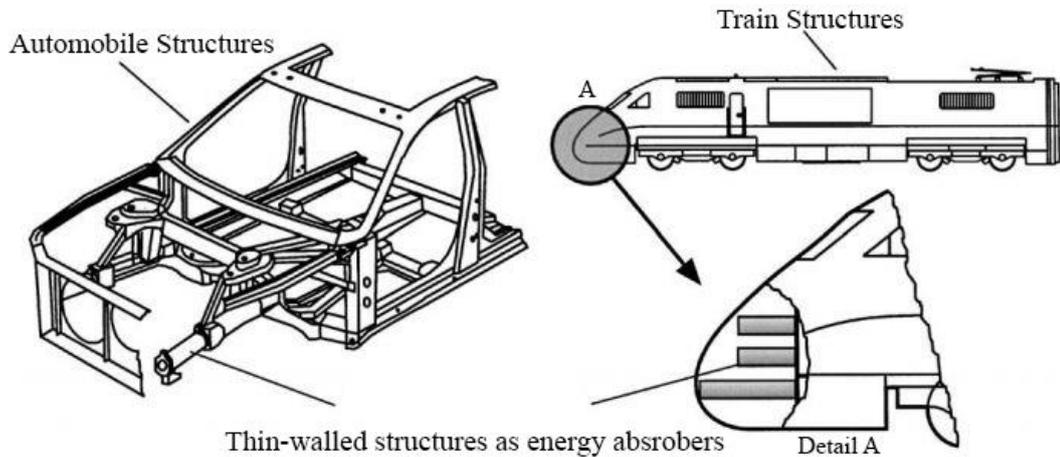
Pada Gambar I.2 terlihat bahwa kecelakaan yang melibatkan banyak kendaraan merupakan jenis tumbukan yang dominan. Untuk kecelakaan yang melibatkan hanya satu kendaraan, modus kecelakaan *roll-over* berkontribusi sebanyak 21 % dari

kejadian total *single vehicle accident*. Dari informasi ini juga terlihat dominasi tumbukan *frontal* yang terjadi pada tipe tabrakan *multi vehicle* dan *single vehicle*. Secara total, terdapat 37% kecelakaan dengan modus *frontal* terjadi pada satu kendaraan (13%) dan kecelakaan yang melibatkan lebih dari satu kendaraan (24%).

Mengingat hal ini, muncul permintaan yang lebih tinggi untuk memastikan standar keselamatan dalam kendaraan sehingga mengarah pada penelitian berkelanjutan dalam mekanisme peredam energi tumbukan yang melindungi penumpang di dalam kendaraan. Maka indikator kinerja utama adalah untuk mengevaluasi respons tumbukan dilihat dari penyerapan energi spesifik (*Specific Energy absorbtion*). SEA tidak hanya tergantung pada sifat material, tetapi juga pada beberapa parameter lain, terutama geometri spesimen. Dua spesimen yang terbuat dari bahan yang sama tetapi dengan geometri yang berbeda dapat hancur dengan cara yang sangat berbeda dan, sebagai konsekuensinya, dapat mencapai nilai SEA yang sangat berbeda. SEA memungkinkan membandingkan kemampuan penyerapan energi dari material dan geometri yang berbeda. Nilai tinggi menunjukkan peredam kecelakaan baik. Nilai ini sangat penting untuk desain *crashworthiness* yang memberikan indikasi besarnya gaya untuk proses penyerapan energi (Boria, 2016).

Struktur tabung berdinding tipis banyak digunakan dalam dunia *engineering*, khususnya untuk pengaplikasian *energy absorber* (Alkhatib *et al.*, 2018). Faktor keringanan struktur, biaya fabrikasi yang murah, dan karakteristik penyerapan energi yang baik merupakan hal yang membuat struktur ini menjadi layak diterapkan sebagai *energy absorber*. Contoh menggunakan struktur ini diantaranya

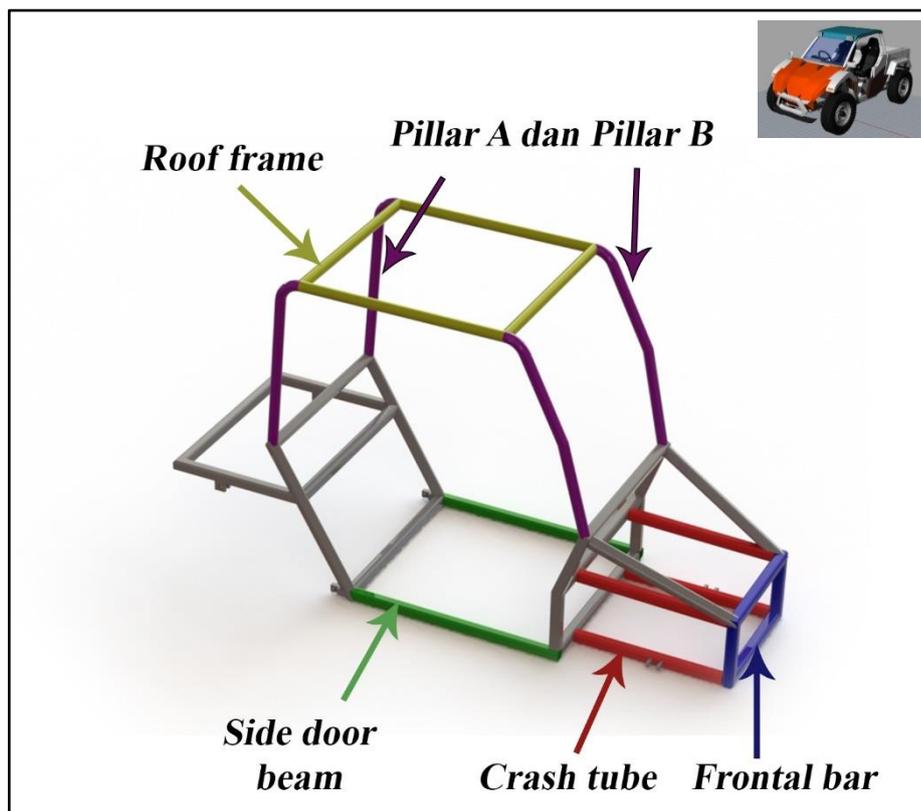
dapat terlihat pada kereta dan sasis kendaraan bermotor (Marsolek & Reimerdes, 2004).



Gambar I. 3 Pengaplikasian tabung berdinding tipis pada kendaraan bermotor dan sasis kereta. (Dari “Energy absorption of metallic cylindrical shells with induced non-axisymmetric folding patterns”, oleh Marsolek, J., & Reimerdes, H. G., 2004, *International Journal of Impact Engineering*, 30(8–9), 1209–1223. Copyright 2016 oleh Springer-Verlag Berlin Heidelberg.)

Seorang desainer dalam industri *customized vehicle* dituntut juga untuk memiliki pengetahuan dan kemampuan desain dalam menghasilkan struktur rangka yang lebih aman ketika terjadi tumbukan. Struktur kendaraan harus dapat melindungi penghuninya dengan mengubah sebagian besar energi kinetik selama situasi tumbukan menjadi bentuk energi lain dengan cara yang dapat diprediksi dan dikendalikan. Agar penumpang tetap aman ketika terjadi tumbukan, struktur kendaraan dirancang dengan mekanisme penyerapan energi melalui sistem *bumper*. Komponen sistem *bumper* terdiri dari *frontal bar* dan *crash tube* yang berupa *energy absorber*. Saat terjadi tumbukan, *frontal bar* menerima langsung beban *crash* dan meneruskan beban ke *crash tube* yang kemudian menyerap energi tumbukan melalui deformasi plastis. Kemampuan struktur untuk mengelola dan menyerap kekuatan tumbukan serta mengurangi risiko kematian dan cedera penghuni dikenal sebagai *crashworthiness*.

Struktur tabung dinding tipis telah banyak digunakan dengan bentuk profil persegi dan lingkaran (Qiang Gao *et al.*, 2016; Jones, 2003; Song, Du, & Zhao, 2002; Zhou, Lan, & Chen, 2011). Dalam penelitian Baroutaji, Sajjia and Olabi (2017) tentang kelayakan *crashworthiness* tabung berdinding tipis sebagai *crash tube*, faktor utama yang mempengaruhi kemampuan penyerapan energi dari komponen *crash tube* tersebut adalah bentuk geometri struktural.



Gambar I. 4 UTV Telkom university *Security car* (inset) dan rangkanya

Dalam kasus ini profil rangka tabung mobil UTV akan dievaluasi pada bagian komponen *crash tube* yaitu tabung berdinding tipis dalam uji *frontal crash*. Setelah itu dilakukan *design of experiment* untuk mendapatkan rasio lebar dan ketebalan yang tepat sebagai komponen penyerap energi. Gambar I.4 merupakan rangka mobil UTV Telkom university *Security car* dan bagian merah merupakan komponen *crash tube* dalam *frontal crash* dengan spesifikasi *Thin walled tube* persegi profil 75 mm x 75 mm dengan ketebalan 2 mm. Pada studi ini dilakukan simulasi untuk optimasi *crashworthiness* tabung berdinding tipis sebagai *crash tube*

pada tumbukan depan dengan menggunakan studi kasus pada perancangan mobil UTV ditinjau dari nilai SEA.

Secara umum, tujuan suatu studi atau eksperimen adalah untuk memperoleh keterangan tentang respon yang diberikan oleh suatu objek pada berbagai keadaan tertentu yang ingin diperhatikan. Untuk mendapatkan *crashworthiness* yang baik perlu dilakukan percobaan, Dalam hal ini percobaan desain bentuk geometri struktural pada tabung berdinding tipis merupakan hal yang paling berpengaruh dalam kelayakan *crashworthiness* (Baroutaji *et al.*, 2017). Banyaknya variabel untuk mendapatkan nilai dalam geometri struktural seperti bentuk profil penampang, lebar dan ketebalan membutuhkan banyak eksperimen untuk mendapatkan nilai yang optimal.

RSM (*response surface methodology*) merupakan sekumpulan teknik matematika dan statistika yang berguna untuk menganalisis permasalahan dengan beberapa variabel independen mempengaruhi variabel respon dan tujuan akhirnya adalah untuk mengoptimalkan respon (Montgomery, 2012). Ide dasar menggunakan metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen berbantuan statistika untuk mencari nilai optimal dari bentuk geometri struktur tabung berdinding tipis terhadap suatu respon yaitu SEA. Metode ini pertama kali diajukan sejak tahun 1951 dan sampai saat ini telah banyak dimanfaatkan baik dalam dunia penelitian maupun aplikasi industri untuk meneliti kelayakan *crashworthiness* (Song, Du and Zhao, 2002; Jones, 2003; Zhou, Lan and Chen, 2011; Gao *et al.*, 2016; Baroutaji, Sajjia and Olabi, 2017). Misalnya, dengan menyusun suatu model matematika, peneliti dapat mengetahui nilai variabel-variabel independen yang menyebabkan nilai variabel respon menjadi optimal secara spesifik.

Pengujian akan menggunakan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA). FEA adalah teknik yang banyak digunakan secara global dalam desain, analisis, dan optimalisasi. Untuk studi dampak, FEA terbukti menjadi alat yang berguna untuk memahami deformasi mekanisme dan respons tabung dalam menyerap energi yang terkena dampak tumbukan. Simulasi FEA mengurangi kebutuhan untuk membuat

prototipe yang mahal untuk pengujian fisik dan bantuan dalam perbandingan dan peningkatan konsep yang berbeda (Liu & Day, 2007). Maka pada studi ini akan dilakukan desain profil tabung dinding tipis yang optimal untuk menjadi *crash tube* yang dikenakan beban *frontal crash* dengan analisis menggunakan FEA dan optimasi menggunakan RSM.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana desain geometri struktural tabung berdinding tipis pada *crash tube* di *Utility Task Vehicle* untuk meningkatkan kapasitas penyerapan energi spesifik dalam rangka *crashworthiness*?
2. Bagaimana memecahkan masalah dengan spesifik menggunakan model dengan *Response surface method*?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengoptimalkan desain geometri struktural tabung berdinding tipis pada *crash tube* di *Utility Task Vehicle* untuk meningkatkan kapasitas penyerapan energi spesifik dalam rangka *crashworthiness*.
2. Mengembangkan prediksi model matematika menggunakan metode respon permukaan.

I.4 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis *crash test* yang dilakukan tidak melakukan *rollover test* dan *side impact test*.
2. *Crash test* yang dilakukan tidak dilakukan secara fisik (eksperimental) melainkan simulasi.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1.4.1. Manfaat Teoritis

Mendapatkan analisis *crashworthiness* desain geometri struktur tabung berdinding tipis sebagai *energy absorber* pada *crash tube* di rangka mobil UTV dan gambar kerja sistem yang nantinya digunakan sebagai acuan dasar pengembangan optimasi *crashworthiness* dan memberikan analisis yang diperlukan dalam usaha untuk memproduksi mobil UTV.

1.4.2. Manfaat Praktis

Secara praktis manfaat bagi mahasiswa adalah memacu mahasiswa untuk mengembangkan penelitian yang lebih berkualitas dan berguna bagi masyarakat sekitar.

I.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini diuraikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Dalam bab pendahuluan diuraikan latar belakang permasalahan yang diangkat pada kasus *crashworthiness*. Selain itu, terdapat pula perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang mengenai dasar teori dan penelitian sebelumnya yang menunjang penelitian ini dalam mengoptimasikan desain geometri *crash tube* pada proses *frontal crash* menggunakan pendekatan RSM.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini menjelaskan mengenai langkah-langkah dalam penelitian secara rinci dimulai dari identifikasi perumusan masalah, tahap pengumpulan data, pengolahan data dan tahap akhir yaitu analisa dan kesimpulan.

Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bab ini dijelaskan pengolahan data menggunakan metode yang telah ditetapkan, dengan menampilkan data yang telah ada, dan kemudian data yang diolah akan dianalisis untuk mendapatkan konsep yang terbaik.

Bab V Analisis

Pada bab ini akan dijelaskan hasil analisis penulis mengenai perancangan simulasi yang telah dilakukan pada Bab IV, yang bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang tepat yang di peroleh dari Bab IV.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan dari penelitian dan saran yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya.