

## BAB III

### METODE PERANCANGAN

#### 3.1. Pertimbangan Desain

Pada umumnya pesawat *paratrike* merupakan sebuah alat bantu olahraga, *paratrike* ini merupakan hasil modifikasi dari paramotor yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pilot yang sedang mengalami cedera dan tidak mampu menggunakan paramotor. *Paratrike* memiliki *frame* dan roda sebagai alat bantu lepas landas serta mendarat. *Frame paratrike* pada umumnya terbuat dari *stainless stell* dan mempunyai tiga buah roda. Pada saat ini, *frame paratrike* sangat sederhana hanya memakai satu batang *frame* dan dihubungkan dengan gandar poros serta lengan ayun untuk memasangkan ketiga rodanya. Seperti terlihat pada gambar 3.1. di bawah ini.



**Gambar 3.1.** *Frame paratrike, (fly produk, 2006).*

Dengan menggunakan konstruksi yang sederhana seperti terlihat pada gambar 3.1. maka angka kerusakan komponen mesin kerap terjadi seperti pada bagian gandar roda, karena tidak dilengkapi dengan sistem peredam kejut. Sehingga bila terjadi beban berlebihan akan terjadi kerusakan pada komponen tersebut.

Perencanaan sebuah mesin merupakan merencanakan kebutuhan untuk memecahkan suatu permasalahan yang ada, dengan mempertimbangkan kegunaan, kehandalan, keamanan, keselamatan dan dapat diproduksi serta dipasarkan. Rekayasa dalam teknik berkaitan dengan bagian-bagian mesin termasuk persamaan-persamaan beserta perhitungan yang menyertai dalam pembuatan mesin. Pada proses perancangan *desainer* harus memilih material yang ada dipasaran serta melampirkan data spesifikasi standart materialnya. Kurangnya fasilitas yang memadai merupakan batasan dari kebebasan seorang *desainer* mesin untuk mencapai hasil maksimal. Bahan yang digunakan untuk membuat *frame* pesawat *paratrike* adalah *aluminium 6061*, karena bobot yang lebih ringan maka dapat membantu mengoptimalkan kinerja dari *paratrike* pada saat *take-off* maupun *landing* (mendarat). Akan tetapi *aluminium* memiliki tingkat elastisitas yang rendah, sehingga apabila terjadi kerusakan kecil pada suatu komponen harus segera diganti, namun kerusakan pada *aluminium* tidak langsung patah tetapi mengalami perubahan bentuk (pembengkokan), sedangkan *stainless stell* bila mengalami sedikit retak dan tetap menahan beban maka akan langsung mengalami patah, karena *stainless stell* mempunyai karakter material yang keras tapi getas.

Pada perancangan ini *desainer* menerapkan *re-desain* serta memodifikasi ulang dari bentuk *paratrike* yang sudah ada baik struktur maupun pemilihan materialnya, dengan upaya ini diharapkan *frame paratrike* menjadi lebih efisien, sehingga bahan yang dipakai dalam perancangan *frame* pesawat model *paratrike* menjadi pertimbangan utama. Maka dari itu, *desainer* menetapkan *aluminium* sebagai bahan *frame paratrike*, disamping ringan *aluminium* juga memiliki karakter material yang kuat dan ulet. Seperti terlihat pada gambar 3.2. di bawah ini.



**Gambar 3.2.** Perancangan *frame paratrike*.

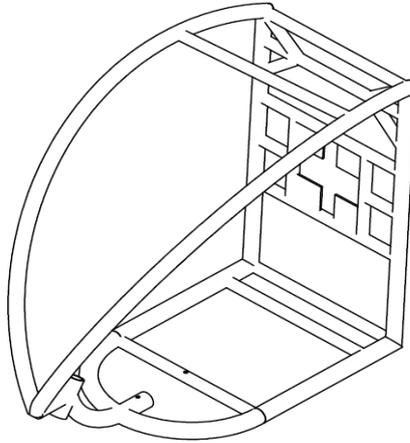
Adapun kendala yang mungkin terjadi yaitu bahan yang ada dipasaran belum tentu memiliki kekuatan material yang sama dengan material yang ada didalam *Software Autodesk Inventor 2016*. Hal ini dipengaruhi oleh faktor alam dan proses manufaktur, tetapi permasalahan ini masih dapat ditanggulangi dengan cara pendekatan secara teori maupun simulasi *Software Autodesk inventor 2016*, diharapkan dengan menggunakan dua pendekatan cara tersebut dapat mengurangi kendala-kendala yang timbul, serta merupakan pilihan yang tepat untuk mencapai hasil yang lebih baik.

Adapun beberapa Komponen-komponen *paratrike* yang dirancang ulang yaitu :

#### 1. Rangka (*Frame*)

*Frame* pada perancangan ini menggunakan bahan aluminium, karena bahan ini memiliki bobot yang ringan dan kuat serta tahan korosi, selain itu *paratrike* ini sering digunakan di daerah pesisir (pantai), sehingga pemilihan bahan aluminium ini sangat tepat untuk diaplikasikan pada *frame paratrike*. Pada umumnya *frame* berfungsi sebagai alat tumpuan semua beban dan diperindah dengan lengkungan-lengkungan pipa aluminium yang membentuk *frame paratrike*. Disisi lain lengkungan-lengkungan *frame* bertujuan untuk memperkuat material *frame* jika mendapat beban, hal ini menggunakan pendekatan mekanika kekuatan

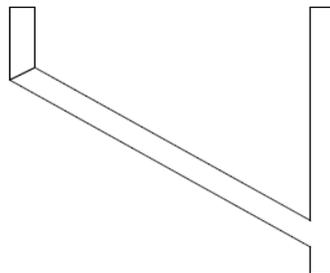
bahan dengan cara pengerolan. Seperti terlihat pada gambar 3.3 di bawah ini.



**Gambar 3.3.** *Frame pesawat paratrike.*

## 2. Lengan Ayun

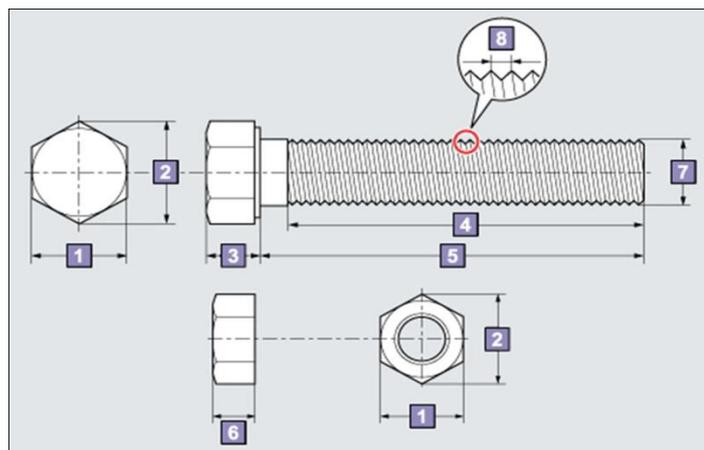
Pada gambar 3.4. Lengan ayun dirancang ulang dengan empat buah tumpuan, dan menggunakan dua buah batang ayun yang disambung menggunakan las dengan sudut pemasangan kedua batang yaitu  $45^{\circ}$  dan  $130^{\circ}$  pada bagian depan, serta dirangkai dengan suspensi yang berfungsi sebagai peredam kejutan bila di kenai beban beraturan maupun tak beraturan. Harapannya dengan melakukan perancangan ini dapat mengurangi kendala patahnya gandar poros pada saat mendarat.



**Gambar 3.4.** Lengan ayun (*swing arm*).

### 3. Sambungan Mur dan Baut

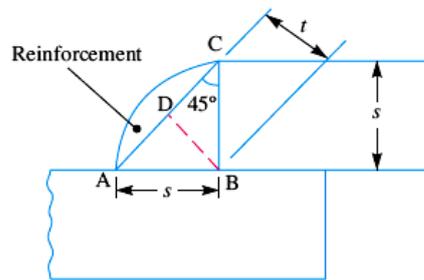
Sambungan mur dan baut digunakan untuk menyambung komponen-komponen *frame paratrike* antara lain: lengan ayun, *cross bar*,udukan mesin, serta gandar roda. Pemilihan Sambungan mur dan baut ini bertujuan untuk mempermudah pada saat bongkar pasang komponen-komponen *frame paratrike*. Sambungan mur dan baut harus memenuhi standart keamanan yang memadai serta dirancang melalui perhitungan manual maupun simulasi *Software Autodesk Inventor 2016* untuk mendapatkan hasil yang optimal. Seperti terlihat pada gambar 3.5. di bawah ini.



**Gambar 3.5.** Sambungan ulir.

### 4. Sambungan Las

Sambungan las digunakan untuk menyambung pipa-pipa aluminium yang akan dijadikan bahan *frame paratrike* serta hasil sambungan las harus memenuhi standart yang dirancang melalui perhitungan secara manual maupun simulasi *Software Autodesk Inventor 2016* untuk mendapatkan hasil yang optimal. Seperti terlihat pada gambar 3.5 di bawah ini.



**Gambar 3.5.** Skema dan dimensi bagian sambungan las, (Zainuri, 2010).

### 5. Suspensi (peredam kejut)

Suspensi yang digunakan pada *frame paratrike*, mendapatkan perlakuan modifikasi pada lengan suspensi bagian bawah yang diperpanjang menggunakan pipa *stainless steel* ukuran 1 *inchi* dan disambung menggunakan mesin las guna untuk menyesuaikan panjang dan tinggi dari jarak antara *frame* dengan lengan ayun, sehingga suspensi dapat bekerja dengan baik.



**Gambar 3.6.** Peredam kejut.

## 3.2. Proses Perancangan

Pada proses perancangan pesawat *paratrike* ini melalui beberapa proses yang harus dilakukan sebelumnya antara lain:

### 1. Mempelajari Sistem Kerja Pesawat *Paratrike*

Proses perencanaan *frame* pesawat model *paratrike* ini terlebih dahulu mempelajari dan mengamati sistem kerja dari *paratrike* yang sudah ada. Sistem kerja *paratrike* adalah dengan mengandalkan gaya dorong dari mesin yang memutar *propeller* dan mendorong pesawat *paratrike* tanpa menggunakan mekanisme penerus daya atau penghantar putaran pada roda untuk melakukan *starting take-off* atau lepas landas. Sehingga peran mesin

dan *propeller* besar pengaruhnya terhadap kinerja *paratrike*. *Frame paratrike* berfungsi sebagai alat bantu *take-off* atau lepas landas, dan tidak menahan beban secara keseluruhan pada saat terbang, karena seluruh beban digantungkan pada tali *weebing* dan *carabiner* (pengait) yang dieratkan pada *frame paratrike*, sehingga dapat meminimalisir tegangan dan regangan yang terjadi pada *frame paratrike* pada saat terbang.

## 2. Identifikasi Masalah

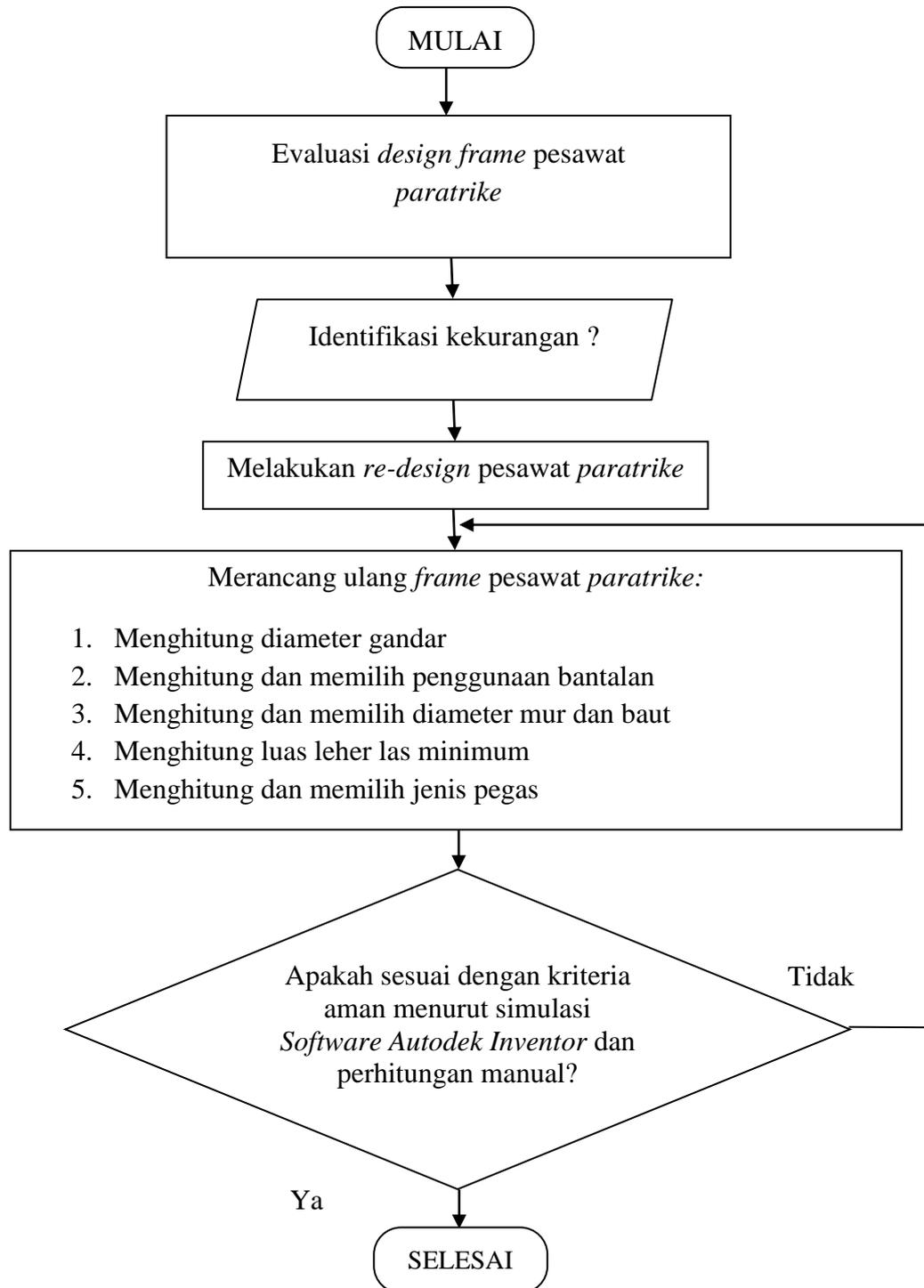
Selain mempelajari sistem kerja pesawat *paratrike*, desainer juga harus mampu mengidentifikasi suatu masalah yang ada baik dari konstruksi maupun sistim kerja, serta kerusakan-kerusakan yang sering terjadi pada *paratrike*. Selain itu desainer harus mampu menarik kesimpulan penyebab kerusakan komponen *paratrike* yang terjadi untuk dicari solusi perbaikan pada komponen tersebut. Sehingga dapat dijadikan acuan untuk proses perancangan dan perhitungan ulang pada komponen tersebut secara manual dan melalui simulasi *Software Autodesk Inventor 2016* untuk mencapai hasil maksimal.

## 3. Merancang dan Menghitung Ulang

Pada proses perancangan konstruksi *frame* pesawat *paratrike*, ada beberapa komponen yang akan dirancang dan dihitung ulang antara lain: *frame* utama, lengan ayun, sambungan las, sambungan mur baut, gandar, dan suspesi (pegas). Komponen-komponen tersebut dirancang ulang bertujuan untuk meningkatkan performa dari kinerja *frame* pesawat *paratrike*, sehingga kendala yang diakibatkan oleh rendahnya performa dari kinerja tiap komponen dapat berkurang.

### 3.2.1. Diagram Alir Proses Perancangan.

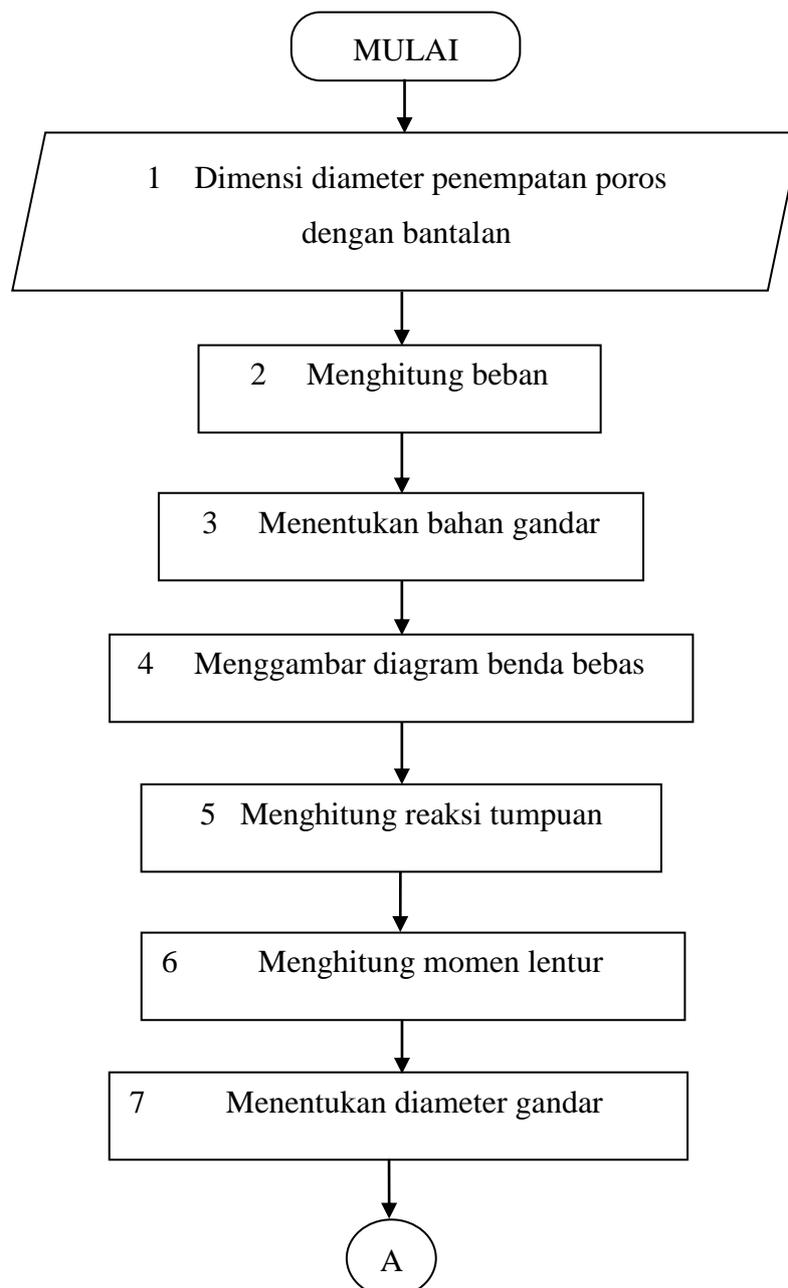
Diagram alir proses perancangan *frame* pesawat model *paratrike* dapat dilihat pada gambar 3.7 di bawah ini:

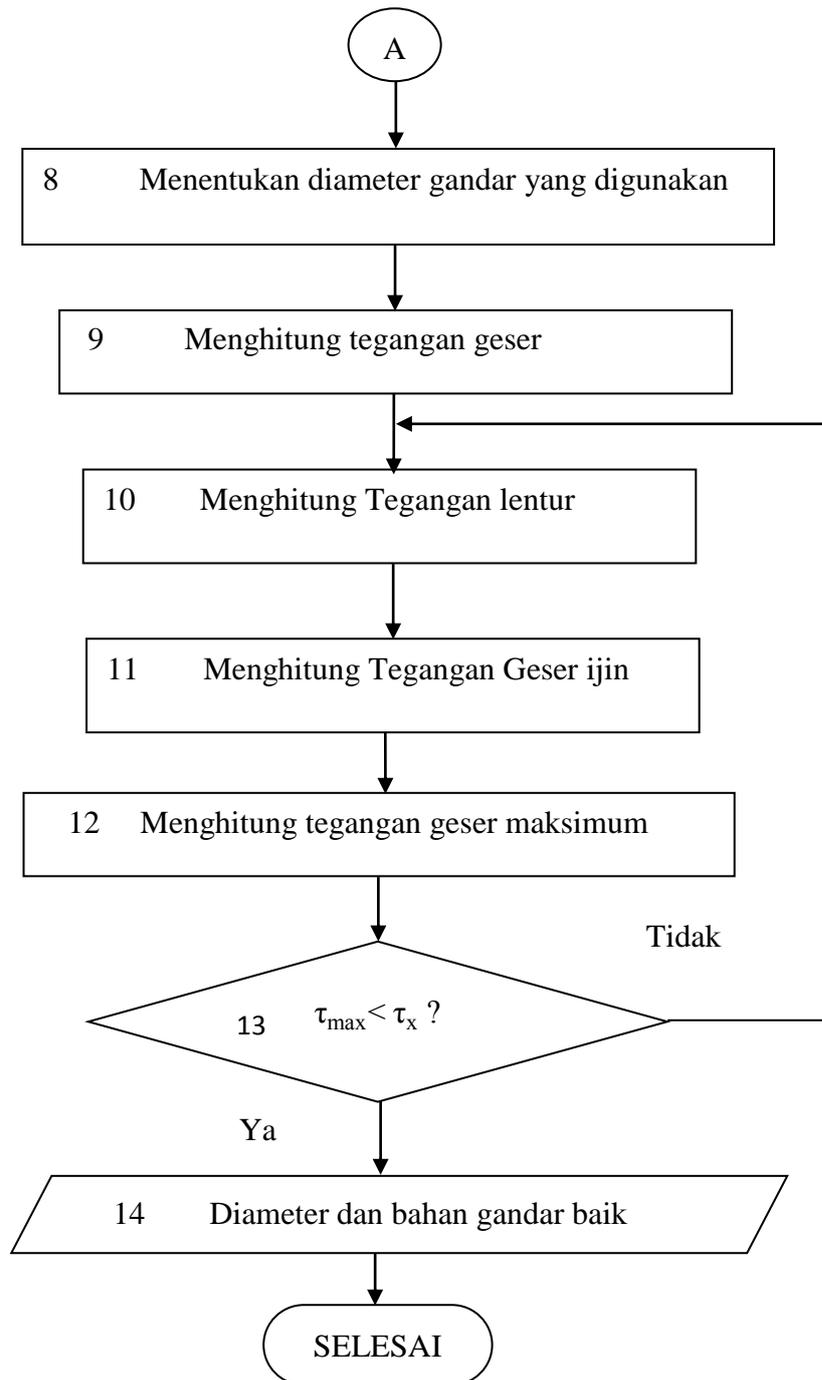


**Gambar 3.7.** Diagram alir perancangan.

### A. Perhitungan Gandar

Diagram alir proses perhitungan gandar pada pesawat *paratrike* dapat dilihat pada gambar 3.8 di bawah ini.





**Gambar 3.8.** Diagram alir perhitungan gandar.

Tahap-tahap dalam perancangan gandar poros antara lain:

1. Menentukan Dimensi Penempatan Gandar dengan Bantalan

Penentuan penempatan bantalan pada gandar bertujuan untuk mengetahui reaksi gaya terbesar yang terjadi disetiap titik tumpuan beban untuk menghindari pembengkokan yang diakibatkan oleh beban berlebihan yang ditumpunya.

2. Menghitung Beban

Proses menghitung beban pada perancangan ini adalah menghitung beban secara keseluruhan dari *frame paratrike*, mesin dan beban pilot. Berdasarkan perkiraan beban yang bekerja pada pesawat *paratrike*, maka hasil perhitungan diameter gandar sesuai dengan kebutuhannya.

3. Menentukan Bahan Gandar

Pemilihan bahan gandar yang baik adalah dengan milih bahan yang mempunyai kekuatan yang tinggi serta eleastis, sehingga bila terjadi benturan baraturan maupun tiba-tiba masih dapat diterima oleh gandar. Akan tetapi tidak boleh melebihi batas kritis dari material gandar.

4. Menggambar Diagram Benda Bebas

Menggambar diagram benda bebas ini bertujuan untuk mempermudah pada saat menyelesaikan perhitungan reaksi tumpuan dengan menggunakan gambar sederhana yang lengkapi dengan ukuran-ukuran dan besar gayanya.

5. Menghitung Reaksi Tumpuan

Pada perhitungan reaksi tumpuan akan didapat harga-harga gaya yang bekerja disetiap titik tumpuan, sehingga diketahui gaya-gaya terbesar yang bekerja pada gandar. Setelah diketahuinya titik yang menerima gaya terbesar maka harus memperbesar diameter gandar pada titik tersebut untuk menghindari kerusakan yang mungkin terjadi diluar perkiraan perancangan.

#### 6. Menghitung Momen Lentur

Memem lentur (*bending*) merupakan tegangan yang diakibatkan oleh bekerjanya momen lentur pada suatu benda. Sehingga lenturan benda disepanjang sumbunya menyebabkan sisi atas tertarik dan sisi bawah tertekan dan mengalami perubahan panjang. Berdasarkan uraian diatas perhitungan momen lentur ini bertujuan untuk menghindari patahnya suatu benda yang diakibatkan oleh kelebihan beban. sehingga tidak mampu lagi ditahan oleh banda tersebut dan mengalami kerusakan.

#### 7. Menghitung Diameter Gandar

Menghitung diameter gandar bertujuan untuk mengetahui ukuran minimum sesuai dengan beban yang bekerja, sehingga gandar dapat beroperasi dengan baik. atau diameter gandar yang sesuai dengan kebutuhannya, sehingga gandar berfungsi dan bekerja secara optimal.

#### 8. Menentukan Diameter Gandar yang digunakan

Setelah diketahuinya diameter gandar melalui perhitungan, maka diameter gandar yang digunakan harus ditentukan terlebih dahulu dengan melihat lampiran 1 untuk menyesuaikan dengan diameter kecil bantalan yang akan digunakan.

#### 9. Menghitung Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi bila suatu bidang yang dikenai dua buah gaya yang sama dan berlawanan arah, sehingga benda tersebut menghasilkan torsi. Adapun tujuan perhitungan tegangan geser yaitu untuk mengetahui batas-batas pergeseran bahan atau perubahan panjang benda yang diakibatkan oleh dua buah gaya yang saling tarik menarik atau berlawanan dan dilambangkan dengan ( $\tau$ ).

#### 10. Menghitung Tegangan Lentur

Proses perhitungang tegangan lentur bertujuan untuk mengetahui besar harga lentur dari material gandar bila mendapat beban disepanjang

sumbunya, sehingga gandar mengalami perubahan bentuk, baik disebabkan oleh tegangan tarik atau tekan.

#### 11. Menghitung Tegangan Geser Ijin

Gaya geser atau tegangan geser ijin terjadi bila suatu bidang yang dikenai dua buah gaya yang sama dan berlawanan arah, sehingga benda tersebut menghasilkan torsi. Adapun tujuan perhitungan tegangan geser ijin yaitu untuk mengetahui batas-batas pergeseran bahan yang diijinkan atau perubahan panjang benda yang diakibatkan oleh dua buah gaya yang saling tarik menarik atau berlawanan dan dilambangkan dengan ( $\tau_x$ ).

#### 12. Menghitung Tegangan Geser Maksimum

Tegangan geser maksimum terjadi bila suatu benda menerima aksi dua buah gaya yang saling berlawanan arah dan mengakibatkan puntiran (torsi). Tujuan dari perhitungan tegangan geser maksimum adalah untuk mengetahui harga-harga tegangan geser maksimum dari bahan poros, sehingga kerusakan yang diakibatkan oleh kelebihan beban atau gaya yang bekerja pada *frame paratrike* dapat berkurang.

#### 13. Tegangan Geser Maksimum kurang dari Tegangan Geser Ijin

Nilai tegangan geser maksimum harus kurang dari tegangan geser ijin karena suatu material mempunyai kekuatan bahan yang berbeda-beda, sehingga untuk mendapatkan keamanan yang lebih memadai nilai tegangan geser maksimum harus dibawah nilai tegangan geser ijin. Hal ini bertujuan untuk menghindari kerusakan pada gandar. Jika nilai tegangan geser maksimum dibawah tegangan geser ijin maka dapat melanjutkan ke tahapan proses selanjutnya. Jika tidak maka harus kembali ke proses perhitungan.

#### 14. Diameter dan Bahan Gandar Baik

Bila semua proses diatas sudah dilakukan desainer dapat menarik kesimpulan bahwa diameter gandar aman dan bahan gandar baik menurut

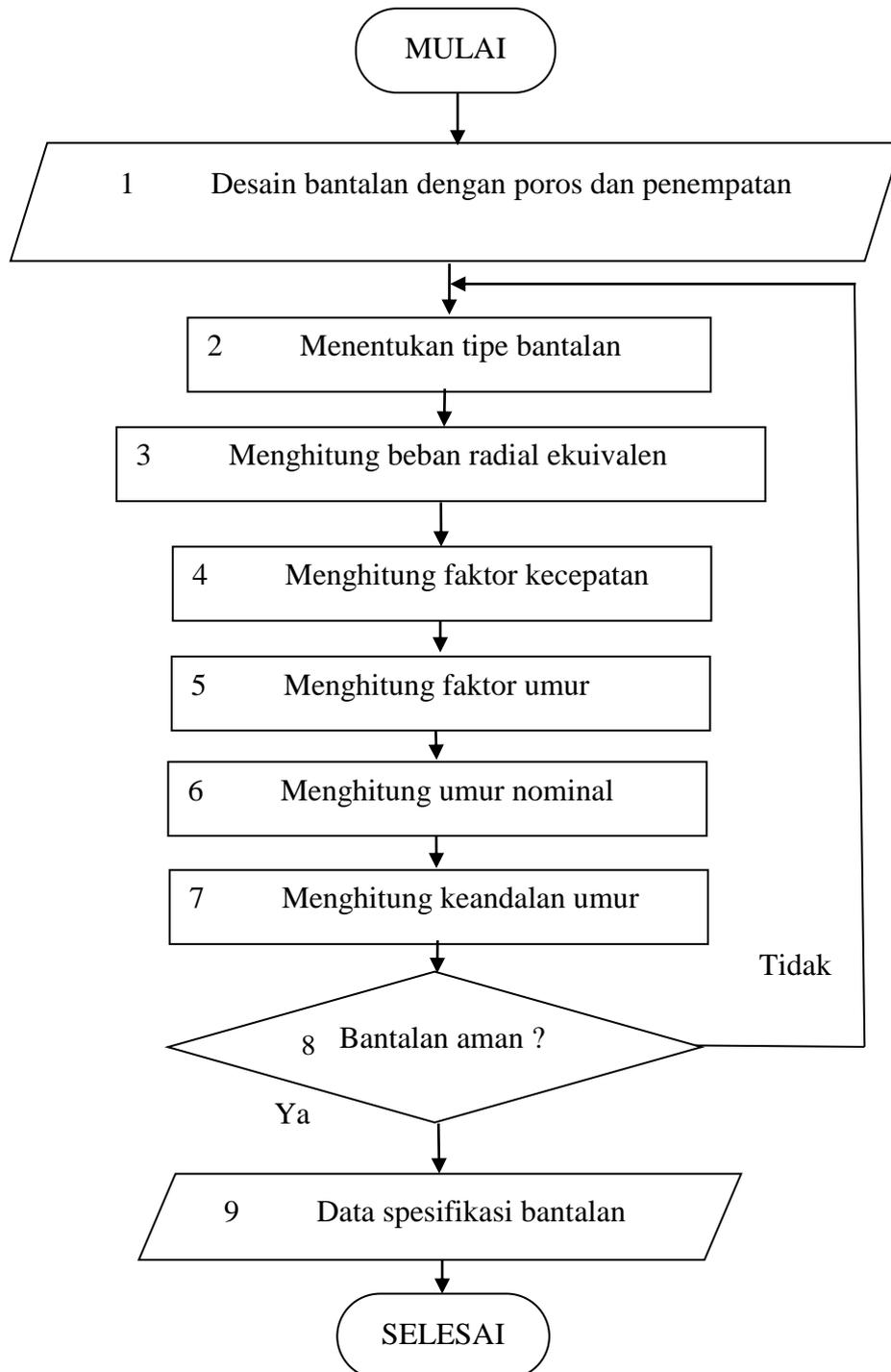
perhitungan manual maupun simulasi pembebanan menggunakan *Software Autodesk Inventor*.

15. Selesai

Selesai adalah tahapan paling akhir pada suatu proses.

## B. Perhitungan dan Pemilihan Bantalan (*Bearing*)

Diagram alir proses perhitungan dan pemilihan bantalan pada pesawat *paratrike* dapat dilihat pada gambar 3.9 di bawah ini.



**Gambar 3.9.** Diagram alir perhitungan bantalan.

Pada proses perancangan *frame* pesawat *paratrike* terdapat bantalan, adapun langkah-langkah merancang dan memilih bantalan antara lain:

1. Mulai

Mulai adalah langkah utama untuk melakukan suatu proses.

2. Desain Bantalan dengan Poros dan Penempatan

Desain bantalan dengan poros adalah tahap menyesuaikan dimensi bantalan dengan gandar yang digunakan, sehingga bantalan yang dipilih sesuai dengan kebutuhannya. Untuk penempatan bantalan yaitu menyesuaikan dengan dimensi velg roda (Tromol).

3. Menentukan Tipe Bantalan

Cara menentukan tipe bantalan yaitu dengan melihat arah pembebanan dan sistem kerjanya, dengan upaya tersebut maka akan didapat tipe bantalan yang sesuai dengan kebutuhan.

4. Menghitung Beban Radial Ekivalen

Untuk menghitung beban radial ekivalen terlebih dahulu memasukkan harga-harga yang tertera didalam lampiran 1 yaitu kapasitas nominal dinamik spesifik ( $c$ ), kapasitas nominal statis spesifik,  $V$ ,  $F_a$ ,  $F_0$  dan  $Y$ . Bila data-data diatas sudah lengkap, maka perhitungan beban radial ekivalen dapat diselesaikan.

5. Menghitung Faktor Kecepatan

Menghitung faktor kecepatan hanya memasukkan nilai-nilai putaran (rpm), karena selain nilai rpm sudah ditentukan oleh persamaan (konstanta). Tujuan perhitungan ini adalah untuk mengetahui kecepatan putar maksimal bantalan, sehingga dapat dijadikan acuan untuk perhitungan faktor umur.

6. Menghitung Faktor Umur

Langkah utama untuk menghitung faktor umur adalah sudah diketahuinya harga ( $c$ ) dan ( $P$ ) serta harga faktor kecepatan. Tujuan dari perhitungan

ini adalah memperkirakan kerusakan bantalan dengan pembebanan beraturan atau tidak beraturan.

7. Menghitung Umur Nominal

Menghitung umur nominal bertujuan untuk mengetahui kualitas suatu bantalan persatuan jam. Melalui perhitungan ini, maka desainer dapat memperkirakan kerusakan bearing yang dipakai.

8. Menghitung Keandalan Umur

Tujuan menghitung keandalan umur adalah untuk dapat mengetahui umur bantalan per satuan jam

9. Bantalan Aman

Bila bantalan sudah memenuhi kriteria aman maka proses selanjutnya dapat dimulai. jika tidak, maka harus kembali ke proses menentukan tipe bantalan.

10. Data Spesifikasi Bantalan

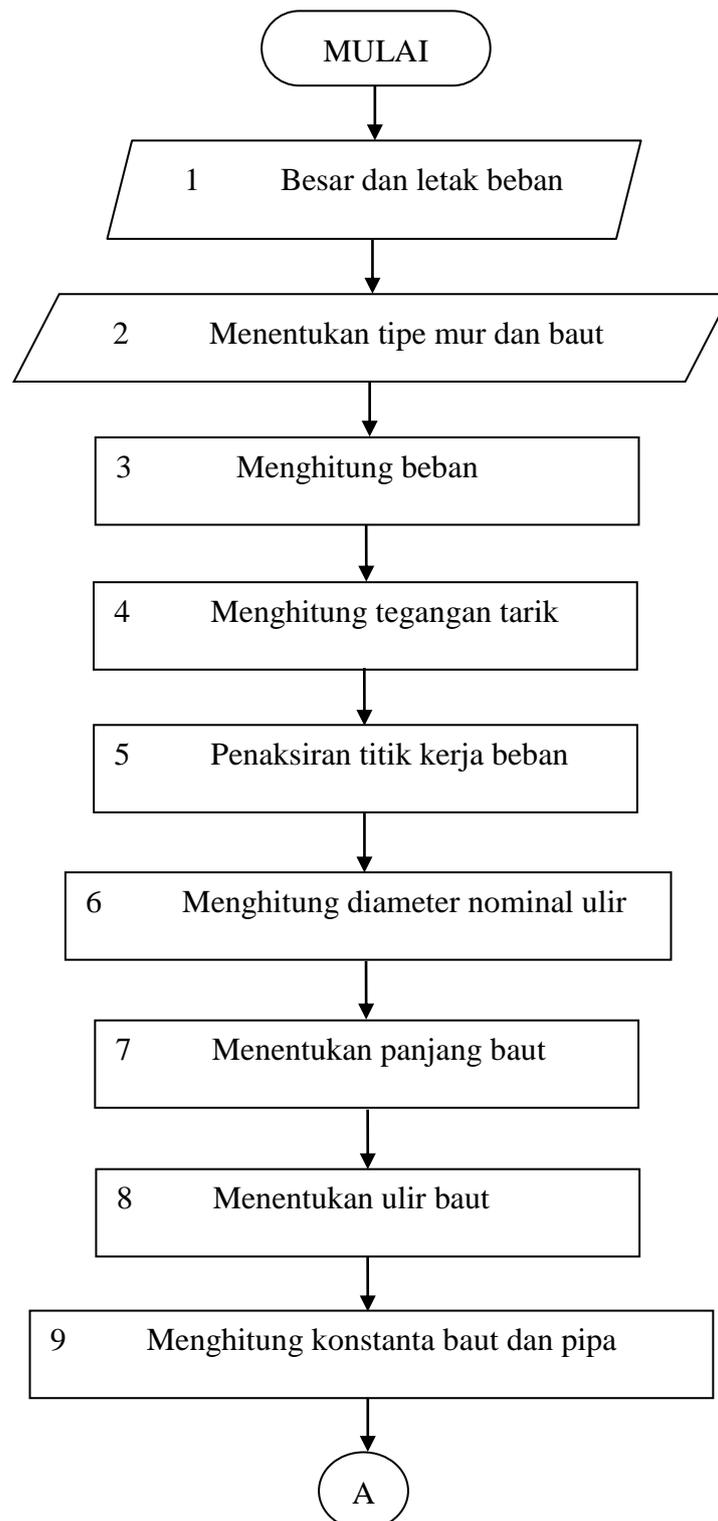
Data spesifikasi bantalan adalah data standart kekuatan dan ketahanan suatu bantalan serta sistem kerja bantalan. Seperti terlihat pada lampiran 1.

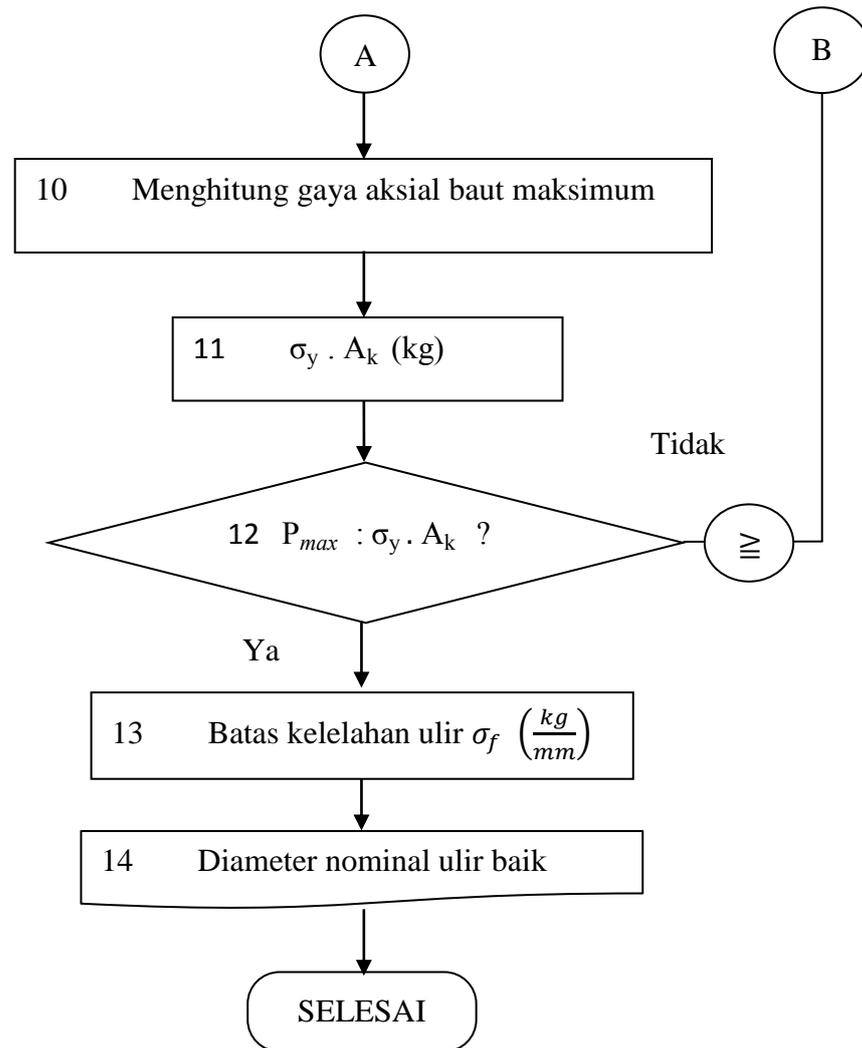
11. Selesai

Selesai adalah tahapan paling akhir pada suatu proses.

### C. Perhitungan dan Pemilihan Sambungan Ulir Baut

Diagram alir proses perhitungan dan pemilihan sambungan ulir baut pada pesawat *paratrike* dapat dilihat pada gambar 3.10 di bawah ini.





**Gambar 3.10.** Diagram alir perhitungan sambungan ulir.

Pada proses perancangan *frame* pesawat *paratrike* terdapat sambungan ulir baut, adapun langkah-langkah merancang dan memilih sambungan ulir antara lain:

1. MULAI

Mulai adalah langkah awal berjalannya suatu proses.

2. Besar dan Letak Beban

Proses menentukan besar dan letak beban bertujuan untuk mengetahui besar gaya disetiap titik kerja beban.

3. Menentukan Tipe Mur dan Baut

Mur dan baut mempunyai kegunaan yang berbeda-beda sesuai dengan tipe atau jenis ulirnya. Maka dari itu harus ditentukan terlebih dahulu jenis mur dan baut yang sesuai dengan kegunaannya. Hal ini bertujuan untuk mengurangi resiko pengendoron yang diakibatkan oleh getaran atau gaya yang bekerja.

4. Menghitung Beban

Beban yang bekerja pada mur baut harus dihitung terlebih dahulu untuk dapat menentukan ukuran mur dan baut yang sesuai kebutuhan.

5. Menghitung Tegangan Tarik

Tegangan tarik terjadi karena adanya dua buah gaya yang diberikan dan berlawanan arah dan mengakibatkan benda mengalami perubahan panjang. Hal ini bertujuan untuk mengetahui batas kelelahan mur dan baut, sehingga dapat mengurangi kerusakan-kerusakan kecil yang diakibatkan oleh tegangan tarik, misalnya : patah (*fatig*.) retak, dan kerusakan pada ulir mur atau baut.

6. Penaksiran Titik Kerja Beban

Penaksiran titik kerja beban bertujuan untuk mengetahui letak pembebanan pada suatu mur dan baut untuk dapat mengetahui titik yang

menerima beban terbesar atau gaya terbesar yang harus diterima oleh mur dan baut.

#### 7. Menghitung Diameter Nominal Ulir

Diameter nominal ulir dapat dihitung bila seluruh beban yang bekerja sudah diketahui, sehingga diameter ulir dapat dihitung sesuai yang dibutuhkan.

#### 8. Menentukan Panjang Mur dan Baut

Proses penentuan panjang mur dan baut harus mengetahui panjang, lebar, dan tinggi dari benda yang akan dijepit oleh mur dan baut serta besar gaya yang bekerja. Sehingga penggunaan panjang pendeknya mur dan baut sesuai dengan kebutuhan.

#### 9. Menentukan Ulir

Proses menentukan ulir mur dan baut terlebih dahulu mengetahui besar gaya yang bekerja dan getaran yang terjadi. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh dua hal tersebut.

#### 10. Menghitung Konstanta Baut

Pada proses menghitung konstanta baut bertujuan untuk mengetahui nilai kekakuan material baut tersebut.

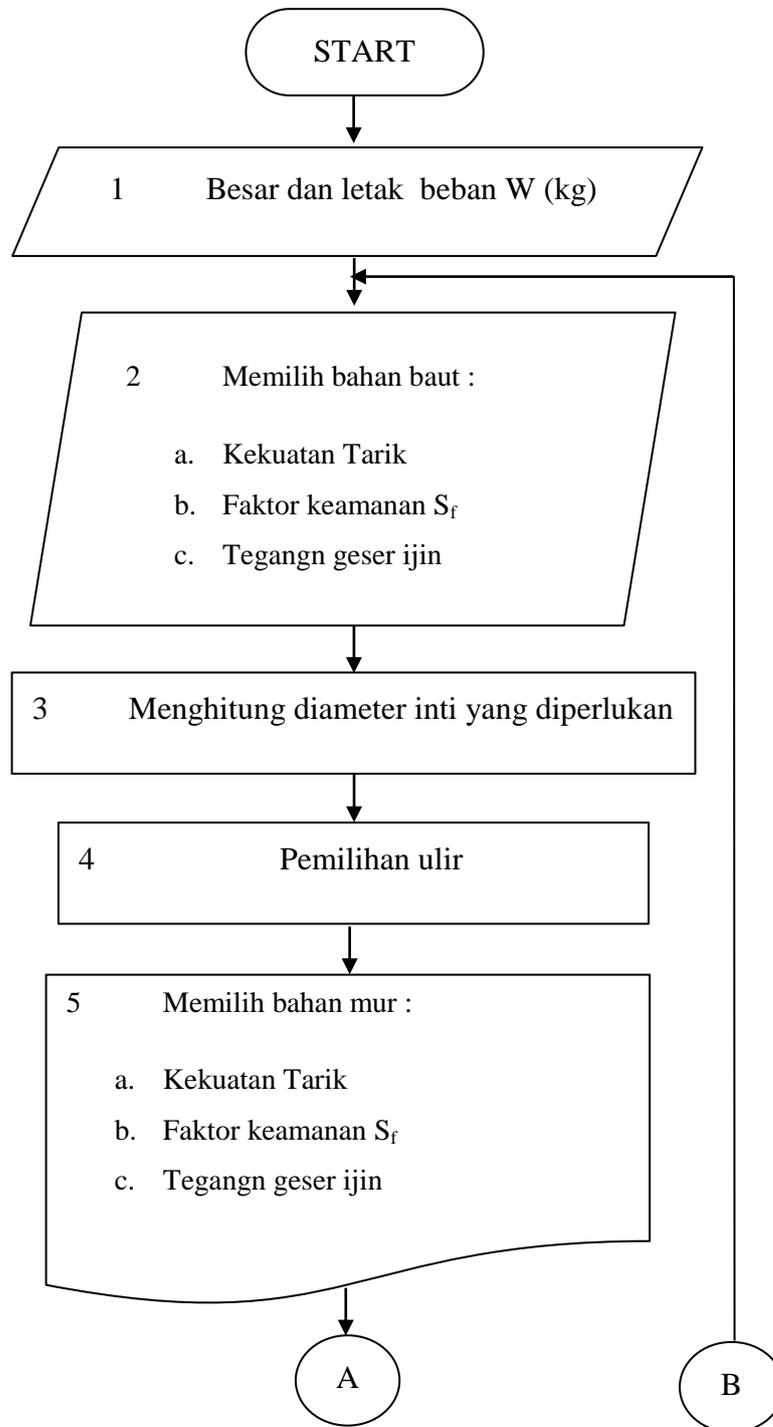
#### 11. Menghitung Gaya Aksial Maksimum

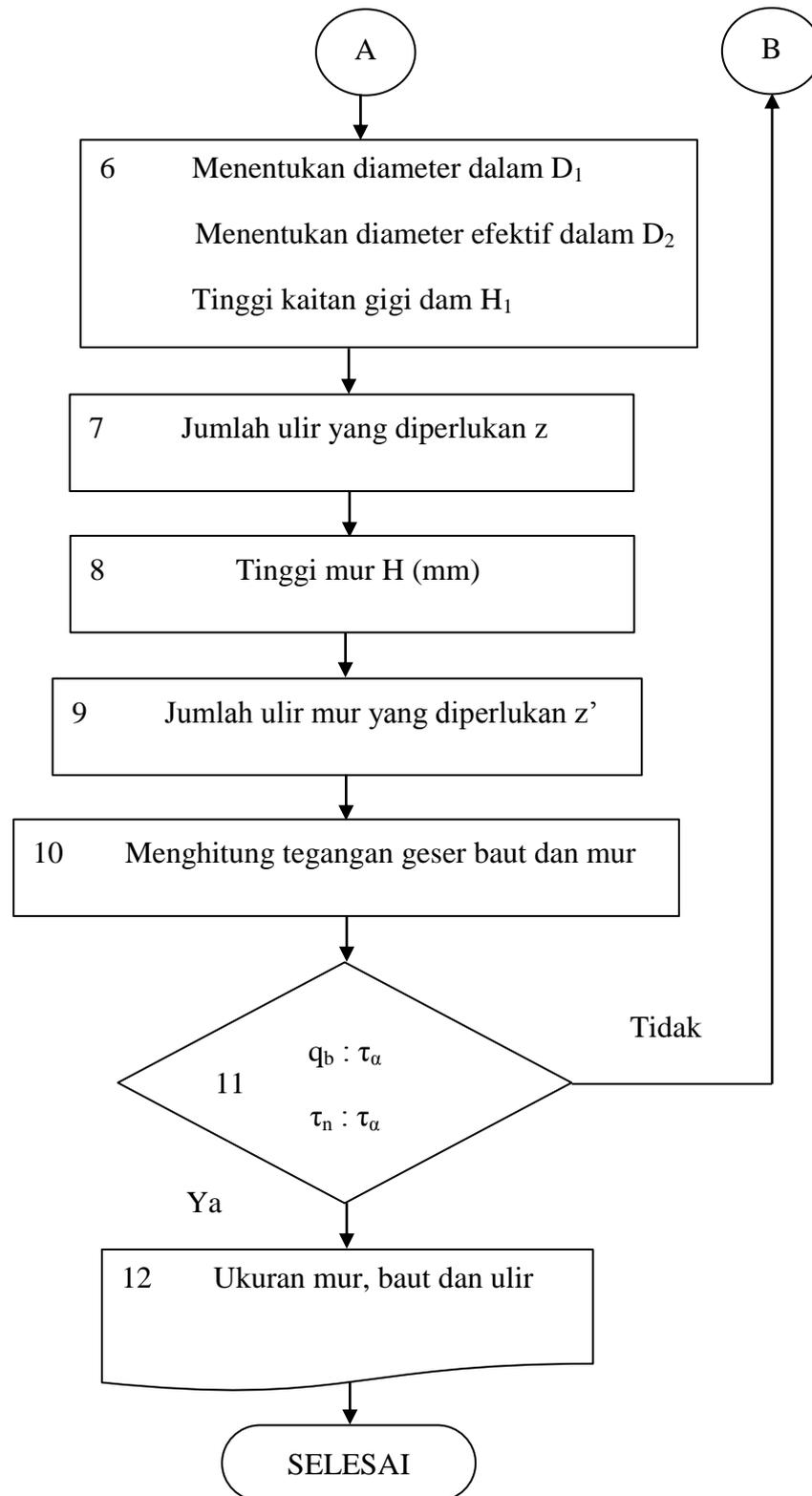
Tujuan menghitung gaya aksial maksimum adalah untuk dapat mengetahui harga-harga tegangan aksial maksimum yang mampu ditahan oleh baut tersebut. Sehingga kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh kelebihan gaya yang diterima oleh mur dan baut dapat diatasi.

12. Tegangan Mulur dikalikan dengan Luas Penampang Inti  
Perubahan panjang baut dikalikan dengan luas penampang tegangan. Sebagai acuan perhitungan gaya jepit maksimal.
13. Gaya Jepit Maksimal harus Sebanding dengan Tegangan Mulur Bahan dikalikan dengan Luas Penampang Inti  
Harga gaya jepit maksimal harus sebanding dengan harga batas tegangan mulur dikalikan luas penampang tegangan. Maka mur dan baut dikatakan aman, jika tidak harus kembali lagi pada proses perhitungan.
14. Menghitung Kelelahan Ulir  
Menghitung kelelahan ulir bertujuan untuk mengetahui gaya terbesar yang mampu diterima oleh mur dan baut, sehingga komponen tersebut tidak mengalami *fatiq* bila diberi beban yang sesuai dengan tingkat kelelahan bahannya. Adapun tujuan lain dari perhitungan kelelahan ulir (patah) yaitu untuk dapat mengurangi resiko-resiko yang fatal yang diakibatkan oleh tegangan dan regangan.
15. Selesai  
Selesai adalah tahapan paling akhir pada suatu proses.

#### D. Perhitungan Dan Pemilihan Mur

Diagram alir proses perhitungan dan pemilihan sambungan ulir mur pada pesawat *paratrike* dapat dilihat pada gambar 3.11 di bawah ini.





**Gambar 3.11.** Perhitungan dan pemilihan mur.

Pada proses perancangan *frame* pesawat *paratrike* terdapat sambungan ulir, yaitu mur, adapun langkah-langkah merancang dan memilih sambungan ulir antara lain:

1. Mulai

Mulai adalah langkah awal berjalannya suatu proses.

2. Menentukan Besar dan Letak Beban

Pada desain *frame paratrike*, letak mur dan baut terdapat pada bagian *crossbar* dan *frame* pelindung *propeller*, sedangkan untuk menghitung keseluruhan beban yang diperkirakan bekerja dan ditahan oleh mur dan baut.

3. Kekuatan Tarik Bahan Baut

Tegangan tarik terjadi karena adanya dua buah gaya yang diberikan dan berlawanan arah dan mengakibatkan benda mengalami perubahan panjang. Hal ini bertujuan untuk mengetahui batas kelelahan mur dan baut, sehingga dapat mengurangi kerusakan-kerusakan kecil yang diakibatkan oleh tegangan tarik, misalnya : patah (*fatig*.) retak, dan kerusakan pada ulir mur atau baut.

4. Faktor Keamanan  $S_f$  Bahan Baut

Faktor keamanan  $S_f$  tergantung pada bahan mur dan baut yang akan digunakan jika difinis tinggi maka harga faktor keamanan yang diambil adalah 6-8 untuk bahan SS, SC, SF, biasanya sudah diketahui pada pesoalan.

5. Tegangan Geser Ijin Bahan Baut

Gaya geser atau tegangan geser ijin terjadi bila suatu bidang yang dikenai dua buah gaya yang sama dan berlawanan arah, sehingga benda tersebut menghasilkan torsi. Adapun tujuan perhitungan tegangan geser ijin yaitu untuk mengetahui batas-batas pergeseran bahan yang diijinkan atau perubahan panjang benda yang diakibatkan oleh dua buah gaya yang saling tarik menarik atau berlawanan dan dilambangkan dengan ( $\tau_\alpha$ ).

#### 6. Menghitung Diameter Inti Yang Diperlukan

Menghitung diameter inti yang digunakan bertujuan untuk mengetahui dimensi mur yang akan digunakan pada *frame* pesawat *paratrike* nantinya, sehingga penggunaan mur sesuai dengan yang dibutuhkan dan memenuhi standar keamanan yang lebih memadai.

#### 7. Pemilihan Ulir

Pemilihan ulir bertujuan untuk menghindari pengendoran mur bila mendapat getaran maupun hentakan yang terjadi pada sambungan ulir, sehingga hal tersebut dapat diatasi dengan baik. Setiap alur ulir mur mempunyai kegunaan masing-masing baik ulir kasar maupun halus, biasanya penggunaan ulir halus cenderung untuk menahan beban yang ringan saja demikian juga sebaliknya penggunaan alur ulir mur kasar biasanya digunakan untuk beban yang berat dan menerima getaran yang besar, karena alur ulir mur kasar mampu meredam getaran dengan baik.

#### 8. Kekuatan Tarik Bahan Mur

Harga setiap kekuatan tarik dari bahan mur sudah diketahui didalam Tabel 2.8 Bilangan kekuatan baut, atau sekrup mesin dan mur.

#### 9. Tegangan Geser Ijin Bahan Mur

Gaya geser atau tegangan geser ijin terjadi bila suatu bidang yang dikenai dua buah gaya yang sama dan berlawanan arah, sehingga benda tersebut menghasilkan torsi. Adapun tujuan perhitungan tegangan geser ijin yaitu untuk mengetahui batas-batas pergeseran bahan yang diijinkan atau perubahan panjang benda yang diakibatkan oleh dua buah gaya yang saling tarik menarik atau berlawanan dan dilambangkan dengan ( $\tau_{\alpha}$ ).

10. Tekanan Permukaan yang Diijinkan Bahan Mur

Harga tekanan permukaan yang diijinkan dapat dilihat pada Tabel 2.9 Tekanan permukaan yang diizinkan pada ulir.

11. Menentukan Diameter Dalam  $D_1$

Diameter nominal ulir dapat dihitung bila seluruh beban yang bekerja sudah diketahui, sehingga diameter ulir dapat dihitung sesuai yang dibutuhkan.

12. Menentukan Diameter Efektif Dalam  $D_2$

Dalam menentukan diameter efektif dapat melihat pada Tabel 2.7 Ukuran standar ulir metris kasar sebagai acuan dalam penentuannya.

13. Tinggi Kaitan Gigi dan  $H_1$

Harga tinggi kaitan gigi dan  $H_1$  dapat dilihat pada tabel 2.7 Ukuran standar ulir metris kasar sebagai acuan dalam penentuannya.

14. Jumlah Ulir yang Diperlukan  $z$

Jumlah ulir yang terdapat pada mur mempunyai peranan yang cukup besar dalam menahan beban yang terjadi pada sambungan, semakin banyak jumlah ulir maka semakin besar pula beban yang mampu ditahannya.

15. Tinggi Mur  $H$  (mm)

Tinggi rendahnya mur sangat berpengaruh terhadap kekuatannya, karena setiap alur ulir mur dapat menahan beban yang berbeda-beda, maka dari itu penting sekali peran dalam menentukan tinggi mur yang digunakan untuk menyambung komponen *frame paratrike*.

16. Jumlah Ulir Mur yang Diperlukan  $z'$

Jumlah ulir mur dapat menggunakan pembagian antara nilai tinggi mur dibagi dengan jarak  $P$ , sedangkan harga jarak  $P$  dapat dilihat pada tabel 2.7 standar ulir metris kasar.

#### 17. Tekanan Permukaan yang Dijinkan Sebanding Dengan Tegangan Geser Ijin

Harga tekan permukaan bahan yang diijinkan harus sebanding dengan tegangan geser ijin dari bahan mur dan baut, karena jika harga tersebut tidak sebanding, maka akan menimbulkan kecelakaan dalam penggunaan sambungan, sehingga lebih baik nilai tekanan permukaan sebanding dengan tegangan geser ijin.

#### 18. Tegangan Geser Akar Ulir Sebanding Dengan Tegangan Geser Ijin

Harga tegangan geser akar ulir harus sebanding dengan tegangan geser ijin untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan diluar perancangan dan untuk mendapatkan keamanan yang baik.

#### 19. Penentuan Bahan Baut

Penentuan bahan baut bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dari bahan yang akan dijepitnya, sehingga bila penggunaan bahan baut baik akan mempengaruhi kekuatan dari komponen yang dijepitnya.

#### 20. Bahan Mur

Dalam penentuan bahan mur sebaiknya memilih bahan yang mempunyai kekuatan tinggi karena mur berfungsi sebagai tahanan dari beban yang bekerja, jadi mur adalah kekuatan utama dalam menahan beban yang terjadi pada sambungan ulir.

#### 21. Diameter Nominal Ulir

Setelah semua proses perhitungan diatas selesai, maka akan diketahuinya harga diameter nominal ulir yang sesuai dengan rencana pembebanan pada sambungan ulir, sehingga dapat menghasilkan keamanan yang terjamin dan teruji.

#### 22. Tinggi Mur

Penggunaan tinggi rendahnya mur dapat diketahui melalui proses perhitungan diatas, sehingga penggunaan mur sesuai dengan kebutuhannya. Selain itu,

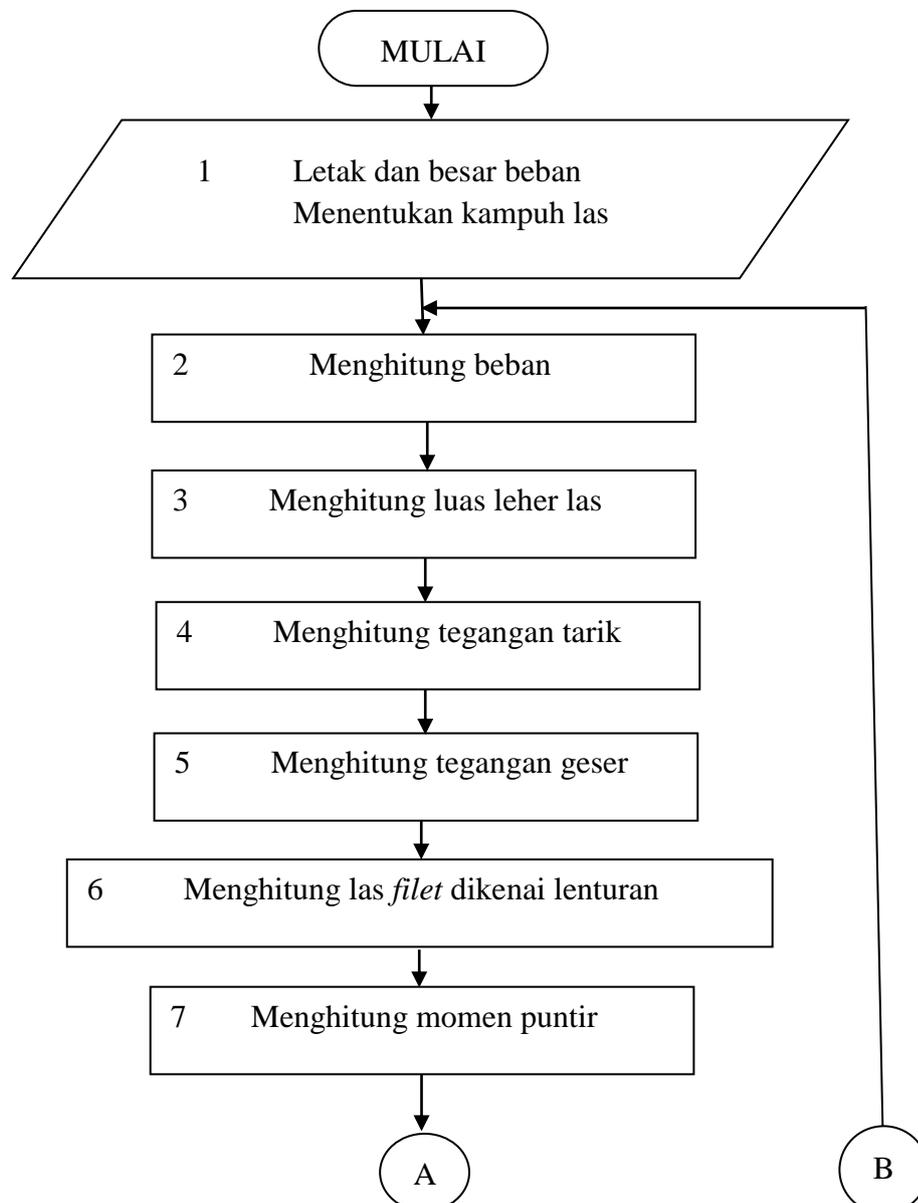
penggunaan tinggi rendah mur atau tebal tipisnya mur dapat digolongkan berdasarkan beban yang direncanakan akan bekerja pada sambungan tersebut.

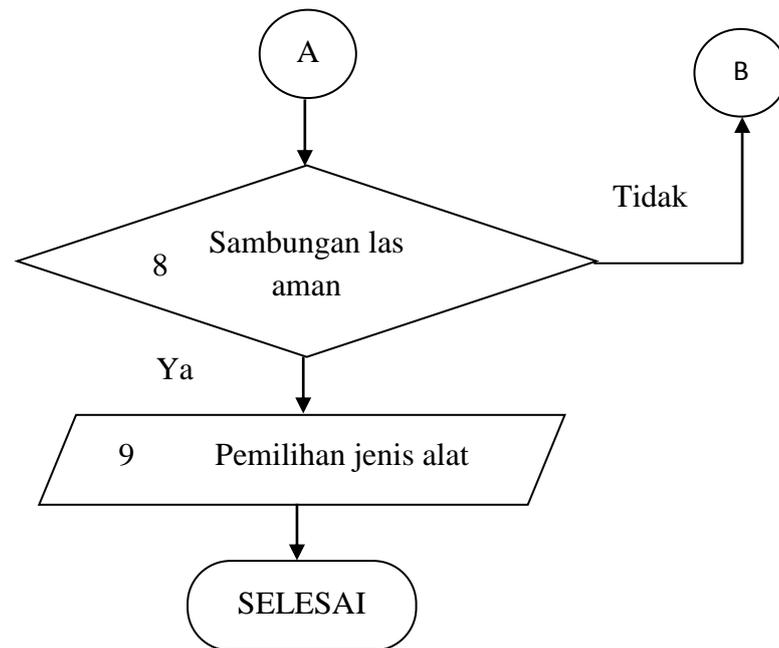
### 23. Selesai

Selesai adalah tahapan paling akhir disetiap proses.

### E. Perhitungan Sambungan Las

Diagram alir proses perhitungan sambungan las pada pesawat *paratrike* dapat dilihat pada gambar 3.12 di bawah ini.





**Gambar 3.12.** Diagram alir perhitungan sambungan las.

Pada proses perancangan *frame* pesawat *paratrike* terdapat sambungan las, adapun langkah-langkah merancang sambungan las antara lain:

1. Mulai

Mulai adalah tahap awal berjalannya suatu proses perhitungan sambungan las.

2. Menentukan Tipe Kampuh Las

Untuk menentukan kampuh las terlebih dahulu mengetahui bidang yang akan disambung, jika berbentuk pipa maka kampuh las yang digunakan adalah las *fillet* melingkar atau titik sesuai dengan kebutuhan.

3. Menghitung Beban

Proses menghitung beban adalah proses menjumlahkan seluruh beban yang bekerja pada suatu titik. Sehingga dapat digunakan untuk menghitung luas leher las atau tegangan dan regangan serta perhitungan lainnya.

4. Menghitung Tegangan Tarik

Tegangan tarik terjadi karena adanya dua buah gaya yang bekerja dan berlawanan arah, sehingga mengakibatkan perubahan bentuk. Jadi menghitung tegangan tarik penting perannya yaitu untuk dapat mengetahui batas gaya tarik maksimum yang mampu diterima oleh benda tersebut, sehingga tidak terjadinya patah (*fatig*).

5. Menghitung Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi karena adanya dua buah gaya yang bekerja dan berlawanan arah, sehingga mengakibatkan torsi. Jadi menghitung tegangan geser penting perannya yaitu untuk dapat mengetahui batas tegangan maksimum dari suatu material yang diakibatkan oleh puntiran, sehingga tidak terjadinya patah (*fatig*).

#### 6. Menghitung Las *Fillet* Dikenai *Bending*

Menghitung las *fillet* dikenai *bending* (lenturan) bertujuan untuk mengetahui nilai-nilai terbesar yang mampu diterima oleh sambungan las *fillet* melingkar, bila dikenai momen bending.

#### 7. Menghitung Momen Puntir

Momen puntir mempunyai luas  $D_A$  pada jarak  $r$  dari *center of gravity* terjadi diakibatkan oleh dua buah gaya yang bekerja dan berlawanan arah, sehingga mengakibatkan torsi. Tujuan dari perhitungan momen puntir adalah untuk mengetahui besar gaya momen puntir total seluruh luas las, menentukan tegangan geser akibat momen puntir, dan momen inersia pada suatu bidang.

#### 8. Sambungan Las Aman

Jika sambungan las yang dirancang dapat dikatakan aman maka lanjut ke tahap berikutnya, jika tidak maka kembali lagi pada proses menghitung beban.

#### 9. Pemilihan Mesin Las

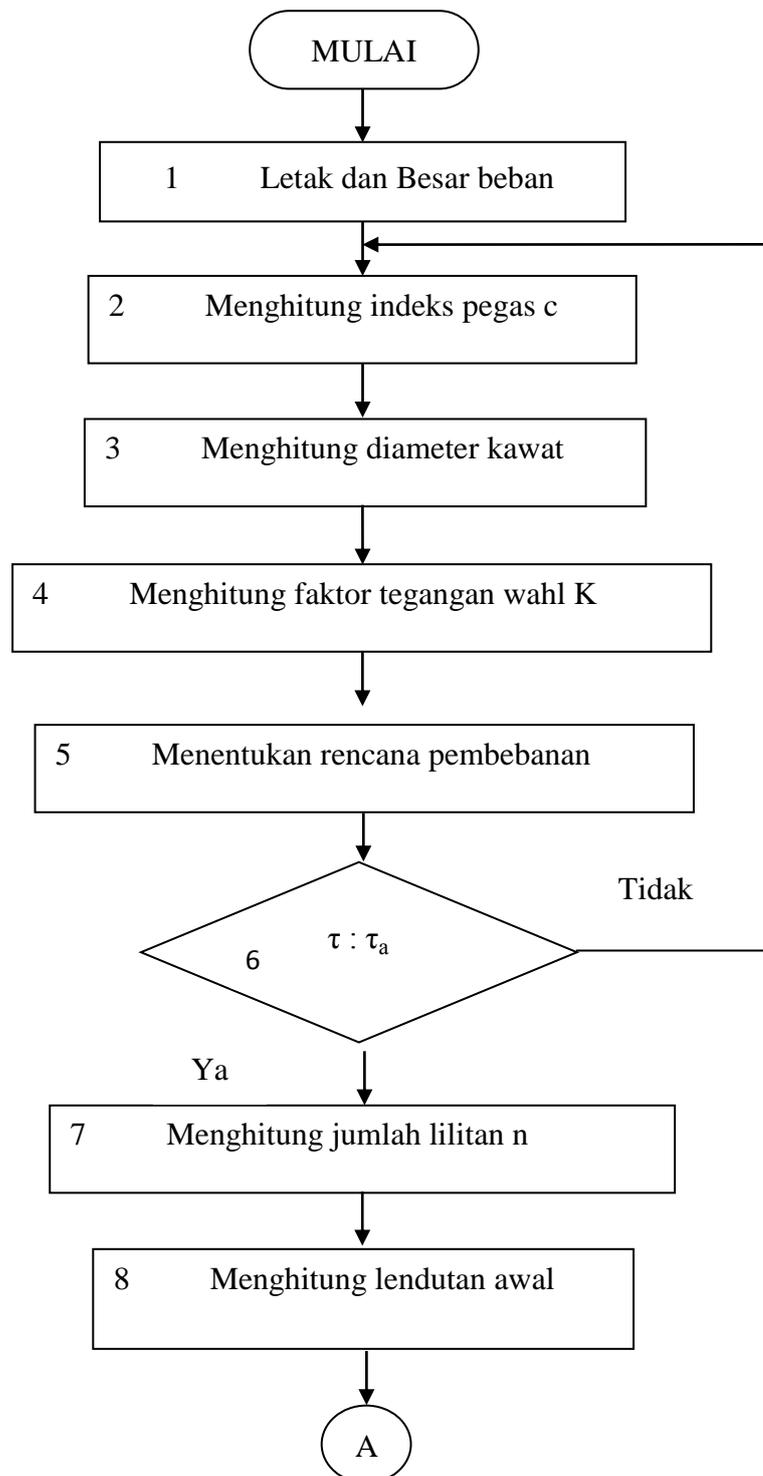
Mesin las yang digunakan adalah mesin las tangsten inert gas (TIG). Mengingat bahwa aluminium sulit untuk disambung dengan menggunakan mesin las busur listrik maka pilihan las TIG lah yang tepat untuk proses pengelasan *frame* pesawat *paratrike* berbahan aluminium.

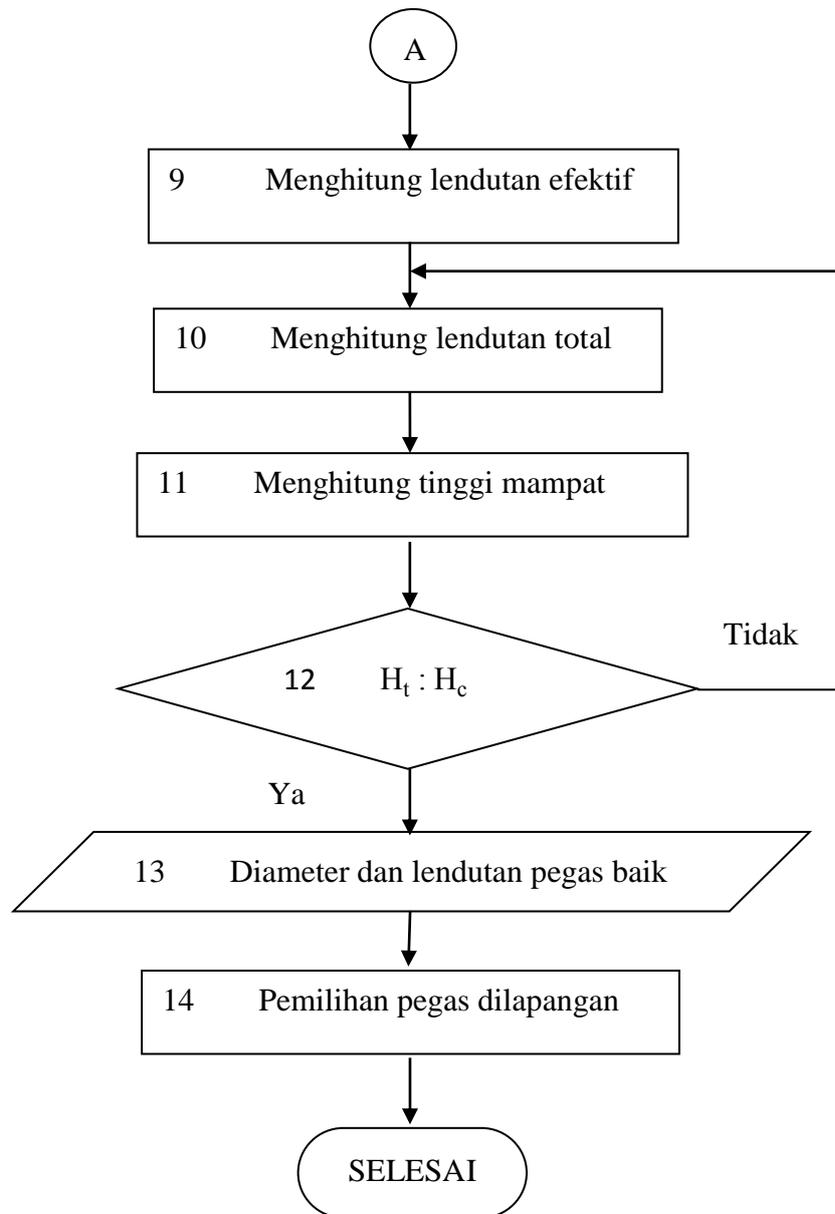
#### 10. Selesai

Selesai adalah tahapan paling akhir pada suatu proses.

## F. Perhitungan dan pemilihan Pegas

Diagram alir proses perhitungan dan pemilihan pegas pada pesawat *paratrike* dapat dilihat pada gambar 3.13 di bawah ini.





**Gambar 3.13.** Diagram alir perhitungan pegas.

Pada proses perancangan *frame* pesawat *paratrike* terdapat suatu pegas, adapun langkah-langkah merancang dan memilih pegas antara lain:

1. Mulai

Mulai adalah tahap awal melakukan proses perhitunga pegas.

2. Menentukan Letak dan Besar Beban

3. Tahap awal dalam perancangan pegas adalah menentukan Letak dan Besar Beban. Hal ini bertujuan untuk memepermudah pemilihan dan penyelesaian perhitungan pegas.

4. Menghitung Indeks Pegas ( $c$ )

Indeks pegas didapat melalui pembagian antara  $D$  dan  $d$  dimana  $D$  adalah diameter lilitan pegas, sedangkan  $d$  adalah diameter kawat pegas. Tujuan perhitungan ini adalah untuk mempermudah menghitung faktor tegangan wahl, karena pada perhitungan tersebut memerlukan harga dari indeks pegas.

5. Menghitung Diameter Kawat

Tujuan dari menghitung diameter kawat adalah untuk dapat menentukan diameter kawat pegas yang akan digunakan dan sesuai dengan kebutuhannya.

6. Menghitung Faktor Tegangan wahl ( $K$ )

$K$  disebut faktor tegangan dari wahl, yang merupakan fungsi dari *indeks* pegas ( $c$ ).

7. Menentukan Rencana Pembebanan

Penentuan perencanaan pembebanan adalah dengan menjumlahkan seluruh beban yang terdapat pada *paratrike* meliputi beban pilot beban *frame*, mesin, dan *propeller*. Sehingga didapatnya beban maksimal yang akan diterima oleh pegas.

#### 8. Tegangan Geser Sebanding Tegangan Geser Ijin

Jika tegangan geser sebanding dengan tegangan geser ijin, maka dapat melanjutkan proses berikutnya, jika tidak maka kembali lagi ke proses menghitung indeks pegas.

#### 9. Menghitung Jumlah Lilitan ( $n$ )

Menghitung jumlah lilitan adalah faktor yang mempengaruhi besar kecilnya diameter kawat, semakin banyak jumlah lilitan maka semakin kecil diameter kawat pegas demikian juga sebaliknya, semakin sedikit jumlah lilitan maka semakin besar diameter kawat pegas. Jadi menghitung jumlah lilitan yang akan digunakan harus sesuai dengan kebutuhan.

#### 10. Menghitung Lendutan Awal

Lendutan awal merupakan lendutan yang diakibatkan oleh pembebanan awal, sehingga pegas mengalami perubahan panjang pada lilitan pegas yang terpasang. Namun pada lendutan awal biasanya hanya mengalami perubahan panjang relative kecil.

#### 11. Menghitung Lendutan Efektif

Lendutan efektif adalah lendutan yang mampu diterima oleh pegas dengan baik.

#### 12. Menghitung Lendutan Total

Lendutan total adalah lendutan maksimal yang mampu ditahan oleh pegas, biasanya lendutan total ini terjadi bila diberikan beban maksimal dan tidak beraturan pembebanannya.

#### 13. Menghitung Tinggi Mampat

Tinggi mampat adalah jarak antara ulir pegas atas dan bawah yang dimampatkan hingga padat, maka panjang padat pegas adalah  $H_c$ , untuk jumlah lilitan mati pada ujung-ujungnya.

#### 14. Lendutan Total Sebanding Dengan Tinggi Mampat Pegas

Jika lendutan total sebanding dengan tinggi mampat pegas maka perancangan pegas tersebut memenuhi kriteria aman, jika tidak maka kembali ke proses menghitung lendutan total.

#### 15. Diameter dan Lendutan Pegas Baik

Jika semua proses diatas sudah terpenuhi maka diameter dan lendutan pegas dapat dikategorikan baik.

#### 16. Pemilihan pegas dilapangan

Cara pemilihan pegas dilapangan adalah dengan menyesuaikan hasil perhitungan pegas atau yang mendekati hasil perhitungan pegas, sehingga pada saat pemilihan pegas yang ada dilapangan tidak mengalami kesulitan memilih pegas yang sesuai dengan perancangan..

#### 17. Selesai

Selesai adalah tahapan paling akhir pada suatu proses.