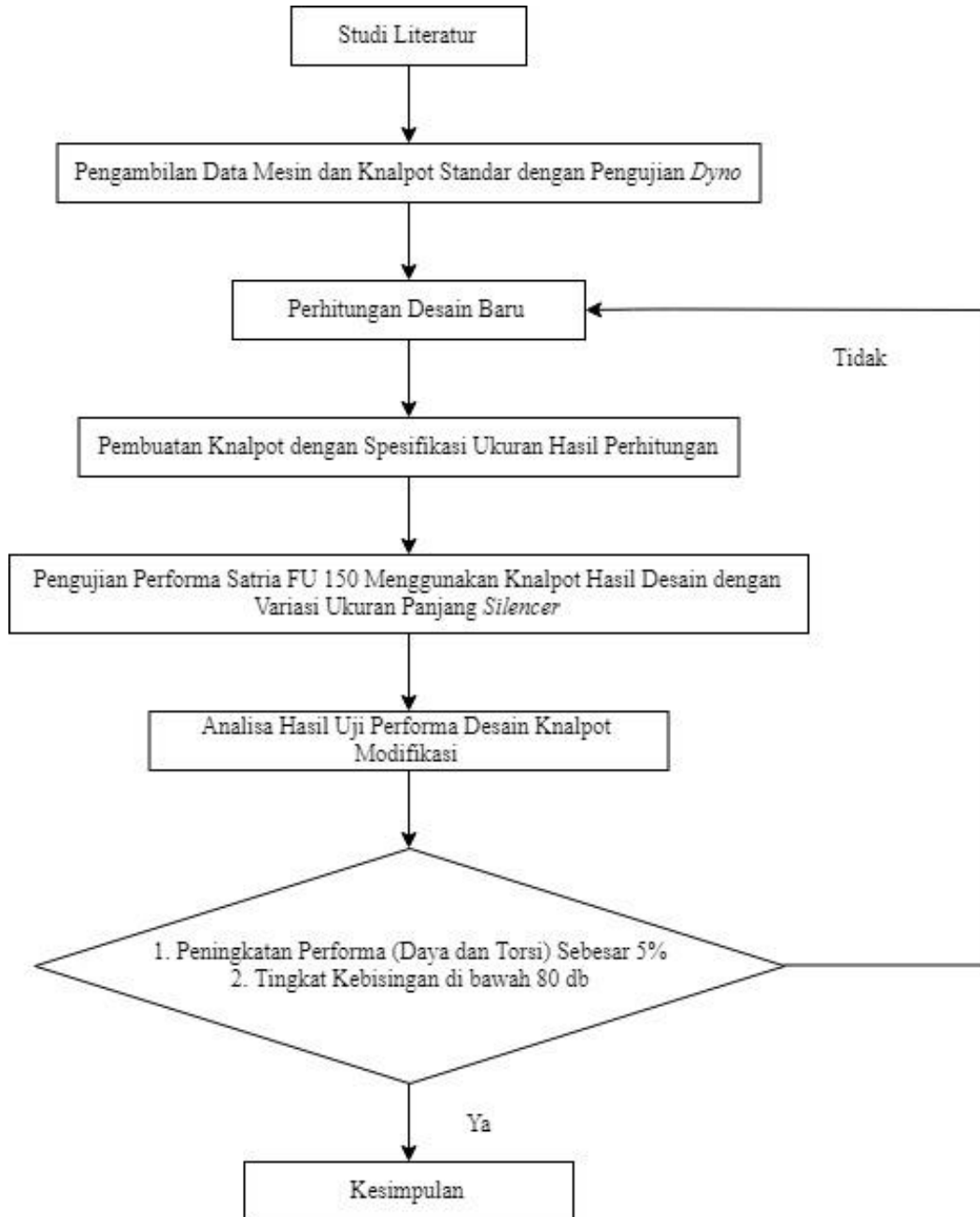


3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan secara sistematis yang telah dirancang. Tahapan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Perancangan *Silencer* untuk Suzuki Satria FU 150 Karburator Tahun 2012

3.1 Pengambilan Data Mesin dan Knalpot Standar dengan Pengujian Dyno

Tahap kedua pada perancangan ini adalah pengambilan data dari motor yang menggunakan knalpot standar. Melakukan pengujian performa dan mengambil data torsi dan daya serta pengukuran tingkat kebisingan suara yang kemudian disimpan. Berikut beberapa peralatan yang digunakan untuk melakukan pengambilan data performa mesin.

3.1.1 Peralatan Pengujian

- *Dyno Test* Sepeda Motor

Dynotest adalah suatu metode pengujian performa mesin kendaraan (mobil maupun sepeda motor) dengan cara melihat *power* (tenaga) dan *torque* (torsi).



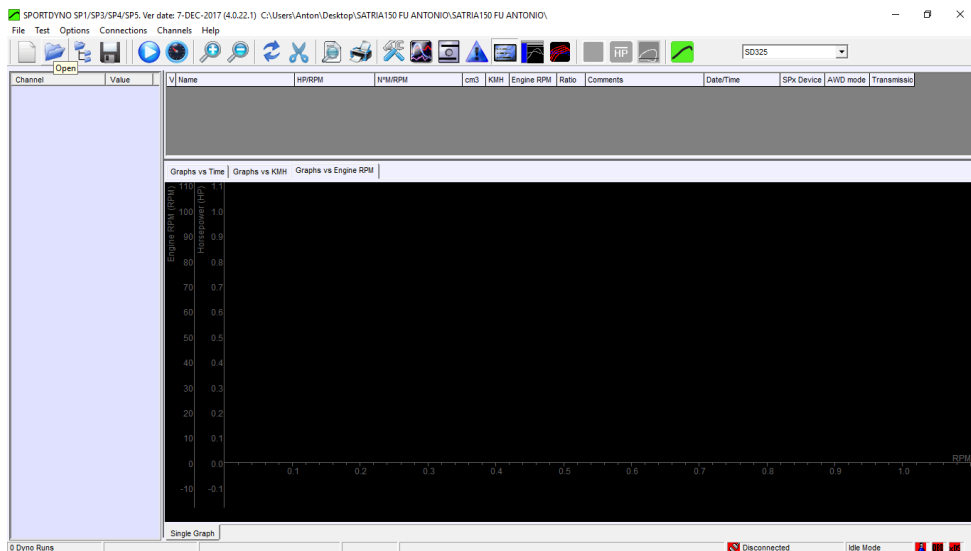
Gambar 3. 2 *Dynamometer* untuk sepeda motor

Pada tahap ini dilakukan pengetesan performa dari mesin Suzuki Satria FU 150 cc tahun 2012 untuk mengetahui berapa besar daya dan torsi yang dapat dihasilkan oleh mesin motor dengan menggunakan

knalpot standar. Dari pengukuran performa mesin dan knalpot standar motor didapat data daya dan torsi yang nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk membuat desain yang lebih baik dalam artian meningkatkan performa motor dengan knalpot *free-flow* atau knalpot *racing*.

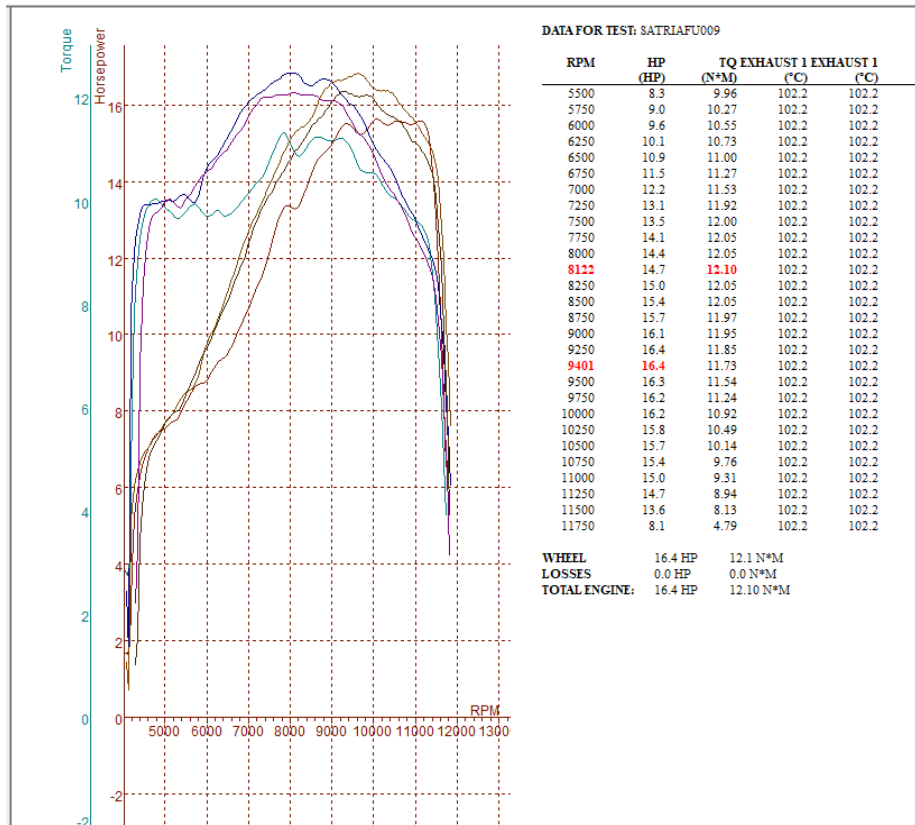
- Laptop dan program computer *SportDyno*

Selanjutnya untuk menampilkan data performa dari sepeda motor yang sudah dites menggunakan mesin *dyno-test* digunakan aplikasi *SportDyno*. Pembacaan data hasil pengetesan performa dengan aplikasi *SportDyno* dapat kita lihat letak *peak* atau puncak hp dan torsi pada rpm tertentu.



Gambar 3. 3 Tampilan Program *SportDyno*

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 3. 4 Tampilan data Torsi dan Daya dari mesin sepeda motor

- *Sound Level* Meter atau Db-Meter

Untuk pembacaan tingkat kebisingan suara digunakan *Sound Level* Meter atau Db-meter yang kemudian dilakukan pengukuran suara sesuai dengan ketentuan dinas perhubungan yang ada.



Gambar 3. 5 *Sound Level Meter* atau Db-meter

Sumber: Dokumentasi Pribadi

- Jangka sorong / *Vernier Caliper*

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur diameter dari pipa primer, pipa sekunder, dan diameter *silencer* agar didapat ukuran knalpot standar yang valid atau riil.



Gambar 3. 6 Jangka sorong / *Vernier Caliper*

Sumber: Google

- *Roll Meter*

Digunakan untuk melakukan pengukuran Panjang dari pipa knalpot baik pipa primer maupun pipa sekunder. Alat ukur ini digunakan karena sifat material yang dapat mengikuti lekuk dari pipa pembuangan gas dari sepeda motor yang tentu tidak hanya berbentuk lurus.

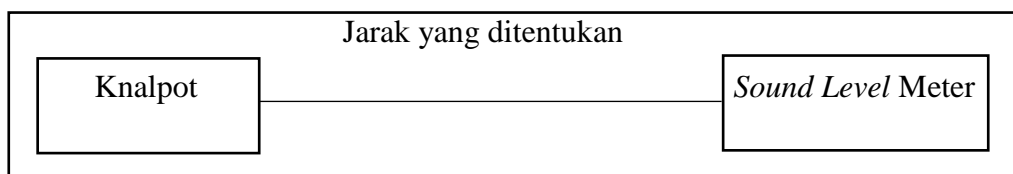


Gambar 3. 7 *Roll Meter*
Sumber: Google

Beberapa langkah proses melakukan *dyno-test* untuk sepeda motor:

1. Mempersiapkan sepeda motor dengan mesin dalam keadaan optimal (tekanan ban, oli mesin, filter udara, karburator, busi dalam keadaan baik).
2. Mempersiapkan peralatan *dyno-test* antara lain mesin *dyno*, perangkat laptop, kipas angin dan kabel yang diperlukan.
3. Menaikkan sepeda motor ke atas mesin *dyno*, kemudian menempatkan ban bagian depan pada pengunci bagian ban depan.
4. Mengunci bagian badan sepeda motor dengan kunci pada pedal kaki penumpang belakang untuk menjaga agar keadaan motor tetap seimbang ketika tidak sedang dikemudikan manusia serta sebagai faktor keamanan.
5. Melakukan penyetelan atau penggeseran pada pengunci ban depan (maju-mundur) agar letak ban belakang berada pas pada bagian tengah *roller dyno-test*.

6. Memasang kabel atau pembaca arus pada bagian kabel aki. Bagian kabel ini tidak boleh bergerak saat melakukan pengetesan karena jika bergerak akan menghasilkan pembacaan data yang tidak valid.
7. Menyalakan mesin sepeda motor dan menyalakan kipas angin yang bertujuan sebagai pengganti aliran udara di ruang terbuka dan menjaga suhu mesin agar tidak terlalu panas.
8. Memosisikan gigi sepeda motor pada gigi 5. Menurut informasi dari operator *dyno-test* untuk sepeda motor dengan 4 percepatan akan diletakkan pada gigi 3, untuk sepeda motor dengan 5 percepatan diletakkan pada gigi 4 dan berlaku seterusnya untuk melakukan pengambilan data performa mesin.
9. Menaikkan rpm mesin pada rpm 4000 dan mengaktifkan tombol pengambil data kemudian melakukan pengegasan hingga rpm 10.000 hingga 11.000 secara bersamaan.
10. Proses nomor 8 dan 9 dilakukan hingga 5 kali untuk 5 kali pengujian agar dapat diambil 3 data yang stabil. Namun setelah melakukan 5 kali uji performa pada 1 desain knalpot mesin dimatikan agar tidak mengalami *overheat*.



Gambar 3. 8 Bagan Posisi Pengujian Kebisingan Suara dengan *Sound Level Meter*

Dalam melakukan pengujian kebisingan ini dilakukan oleh 2 orang, orang pertama mengatur atau mempertahankan putaran mesin dan orang kedua mengontrol alat ukur suara.

Berikut beberapa langkah melakukan pengujian kebisingan knalpot dengan *sound level meter*:

1. Menentukan jarak pengukuran dengan *roll meter* antara sepeda motor dengan alat ukur suara.
2. Kemudian menentukan rpm atau putaran mesin tertentu yang bertujuan mengetahui suara yang dihasilkan knalpot dari putaran mesin tersebut.
3. Untuk menggunakan alat ukur suara, pertama menyalakan dengan menekan tombol power. Kemudian untuk mengetahui hasil dalam ruang lingkup terdekat, digunakan mode minimum. Karena jika menggunakan mode maksimum maka tingkat kepekaan *microphone* akan ditingkatkan sehingga suara dari sekitar lebih mudah tertangkap.
4. Langkah selanjutnya, menyalakan sepeda motor dan menahan pada putaran tertentu dan alat ukur suara mulai merekam saat putaran mesin telah sesuai dengan yang diinginkan.
5. Langkah pada nomor 4 dilakukan beberapa kali sesuai dengan data putaran mesin yang diinginkan. Misalnya pengujian suara knalpot pada rpm 2000, 3000, dan 4000, maka langkah nomor 4 dilakukan sebanyak 3 kali.
6. Mencatat data suara yang muncul pada *sound level meter*.

3.1.2 Hasil Pengukuran Awal

1. Data Tingkat Kebisingan yang dihasilkan Knalpot Standar

Berikut merupakan pengambilan data dari suara knalpot standar Suzuki Satria karbu 2012 dengan ketentuan jarak pengukuran 100 cm, 150 cm, dan 200 cm pada rpm 1000, 2000, 3000, 4000, dan 5000 sesuai dengan ketentuan peraturan ambang batas kebisingan kendaraan bermotor roda 2 dengan mesin 150 cc. Pengukuran ini dilakukan di ruangan terbuka yang minim suara akifitas kendaraan lain. Batas kebisingan yang diijinkan adalah 80 dB.

Tabel 3. 1 Pengukuran Tingkat Kebisingan Suara Knalpot Standar

| Jarak | 100 cm | 150 cm | 200 cm |
|-------|---------|---------|---------|
| RPM | | | |
| 1000 | 69 dB | 68.5 dB | 68.1 dB |
| 2000 | 74.4 dB | 73.6 dB | 71.4 dB |
| 3000 | 76.9 dB | 76.6 dB | 75.7 dB |
| 4000 | 79.6 dB | 78.1 dB | 76.7 dB |
| 5000 | 80.4 dB | 78.4 dB | 77.5 dB |

Dari tabel hasil percobaan pengukuran kebisingan knalpot dapat dilihat bahwa dengan jarak 100 cm suara dari knalpot standar juga telah melebihi ketentuan regulasi kebisingan suara yaitu 80 dB. Hal ini dipengaruhi hembusan angin dari gas buang yang terlalu kencang sehingga mempengaruhi *microphone* yang terdapat pada alat ukur. Sehingga akan lebih baik melakukan pengetesan suara knalpot pada jarak 150 cm sampai 200 cm karena hembusan angin pada jarak tersebut tidak berdampak besar ke *microphone* alat ukur.

2. Hasil Pengujian Performa Standar Suzuki Satria FU 150

| RPM | HP (HP) | TQ EXHAUST 1 (N*M) | (°C) |
|----------------------|-------------|-----------------------|-------|
| 5000 | 7.1 | 10.01 | 102.2 |
| 5250 | 7.4 | 9.98 | 102.2 |
| 5500 | 7.9 | 10.15 | 102.2 |
| 5750 | 8.0 | 9.93 | 102.2 |
| 6000 | 8.9 | 10.56 | 102.2 |
| 6250 | 9.6 | 10.88 | 102.2 |
| 6500 | 10.2 | 11.16 | 102.2 |
| 6750 | 11.0 | 11.55 | 102.2 |
| 7000 | 11.7 | 11.86 | 102.2 |
| 7250 | 12.3 | 12.06 | 102.2 |
| 7500 | 12.9 | 12.18 | 102.2 |
| 7750 | 13.5 | 12.34 | 102.2 |
| 8000 | 14.1 | 12.48 | 102.2 |
| 8015 | 14.2 | 12.48 | 102.2 |
| 8250 | 14.5 | 12.45 | 102.2 |
| 8500 | 14.6 | 12.20 | 102.2 |
| 8750 | 15.2 | 12.33 | 102.2 |
| 9000 | 15.6 | 12.32 | 102.2 |
| 9250 | 15.8 | 12.08 | 102.2 |
| 9500 | 15.9 | 11.86 | 102.2 |
| 9589 | 16.0 | 11.78 | 102.2 |
| 9750 | 16.0 | 11.63 | 102.2 |
| 10000 | 15.7 | 11.18 | 102.2 |
| 10250 | 15.6 | 10.80 | 102.2 |
| 10500 | 15.6 | 10.57 | 102.2 |
| 10750 | 15.2 | 10.06 | 102.2 |
| 11000 | 15.0 | 9.67 | 102.2 |
| 11250 | 14.6 | 9.21 | 102.2 |
| 11500 | 14.1 | 8.67 | 102.2 |
| 11750 | 10.0 | 6.05 | 102.2 |
| Wheel | 16.0 HP | 12.5 N*M | |
| LOSSES | 0.0 HP | 0.0N*M | |
| TOTAL ENGINE: | 16.0HP | 12.48N*M | |

Gambar 3. 9 Gambar Hasil Uji Performa Kondisi Knalpot Standar

Pada Gambar 3.9 dapat dilihat salah satu hasil percobaan *dyno test* pada motor Suzuki Satria Fu 2012 standar dan didapat hasil daya dari mesin standar Suzuki Satria FU 150 adalah 16 HP dan torsi maksimal yang didapat adalah 12.48 Nm. Hasil pengujian performa dari mesin ini kemudian dapat dibandingkan dengan spesifikasi standar yang dikeluarkan Suzuki sendiri.

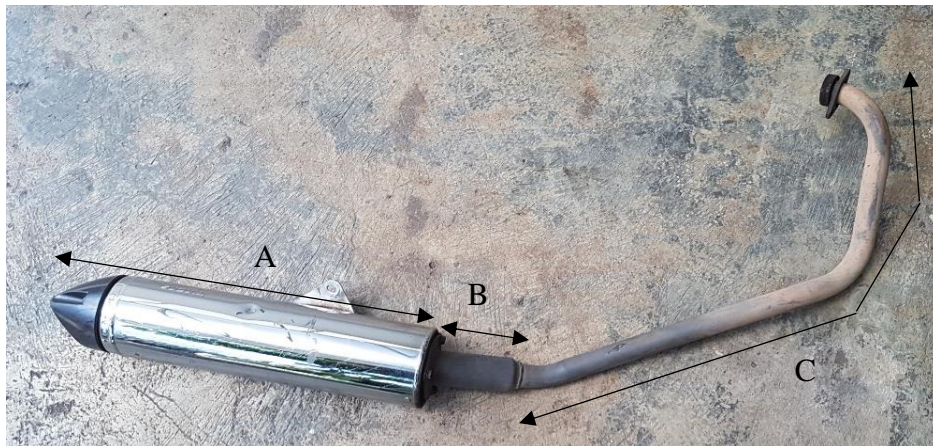
Pembandingan ini juga berguna untuk melihat hasil yang diberikan alat *dyno* merupakan hasil yang dapat digunakan untuk kepentingan penelitian atau tidak. Pembahasan perbandingan spesifikasi mesin dari Suzuki dan hasil uji performa aktual akan dibahas pada sub-bab selanjutnya.

3.2 Perhitungan Desain Baru

3.2.1 Analisa Desain Sistem Knalpot Standar

Tahap ke-tiga pada perancangan ini adalah analisa desain dari knalpot standar yang meliputi panjang knalpot dari pipa primer dan pipa sekunder serta diameter pipa primer dan pipa sekunder.

Beberapa gambar desain model dari knalpot standar Suzuki Satria FU 150 dan pembagian :



Gambar 3. 10 Knalpot *Full System* Suzuki Satria FU

Keterangan:

- Bagian A merupakan *silencer* knalpot standar
- Bagian B merupakan pipa sekunder knalpot standar
- Bagian C merupakan pipa primer knalpot standar

Bagian *silencer* Satria FU memiliki diameter yang lebih besar dibanding dengan diameter pipa sekunder-nya namun pada bagian tertentu diberi pipa berdiameter kecil sebagai *output* gas buang untuk meredam suara melalui pemberian sekat di dalam *silencer* knalpot tersebut.

Setelah dilakukan pengukuran didapat spesifikasi ukuran sistem knalpot standar Suzuki Satria FU 150 sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Tabel Spesifikasi Ukuran Knalpot Standar Satria FU

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| Diameter pipa primer | 2.79 cm |
| Diameter pipa sekunder | 4.18 cm |
| Diameter pipa dalam <i>silencer</i> | 5.2 cm |
| Panjang pipa primer | 76.3 cm |
| Panjang pipa sekunder | 10.495 cm |
| Panjang <i>Silencer</i> Standar | 40 cm |

3.2.2 Perhitungan Desain Knalpot

Tahap selanjutnya pada perancangan ini adalah pembuatan desain dari data yang didapat. Pembuatan desain ini mengacu pada tujuan yang ingin dicapai sebagai desain alternatif yang memenuhi regulasi suara knalpot dan memenuhi peningkatan performa.

Perancangan desain ini menggunakan diameter sekunder sebagai ukuran diameter *silencer* juga. Dalam percobaan ini dibuat desain *silencer* dengan panjang yang berbeda, yaitu 20 cm, 30 cm, dan 40 cm. Dalam tahap ini digunakan beberapa metode perhitungan dengan rumus referensi yang didapat.

Berikut tahap pembuatan desain:

Tahap pertama menentukan parameter yang akan digunakan di dalam rumus antara lain:

Tabel 3. 3 Tabel Parameter Perhitungan

| | |
|-----------------------|------|
| Rpm atas | 9500 |
| Rpm bawah | 5000 |
| Rpm power maksimum | 8000 |
| Bukaan klep ex (BTDC) | 82° |
| volume silinder (CC) | 150 |

Dalam tabel dapat dilihat bahwa penentuan *power* atau daya maksimum bertujuan untuk mendapatkan daya pada rpm tersebut. Sehingga diharapkan nantinya desain yang dibuat dapat mencapai daya maksimum pada rpm 8000.

Sedangkan untuk rpm atas dan rpm bawah merupakan batasan atau *range* untuk mencapai torsi serta daya maksimum. Sehingga diharapkan daya serta torsi maksimum akan bekerja pada batasan Rpm 5000 hingga 8000. Kemudian melakukan perhitungan desain. Dalam tahap ini digunakan beberapa metode perhitungan dengan rumus referensi yang didapat.

- a. Menggunakan Rumus Graham Bell
 - Rumus panjang pipa knalpot
 - 1) Panjang pipa knalpot

$$P = \frac{850 \times ED}{Rpm} - 3$$

$$P = \frac{850 \times 282}{8000} - 3$$

$$P = 2.84 \text{ inch} = 63.08 \text{ cm}$$

- Menghitung diameter pipa primer dan sekunder

2) Rumus diameter pipa primer

$$ID = \sqrt{\frac{CC}{(P+3) \times 25}} \times 2.1$$

$$ID = \sqrt{\frac{150}{(2.84 + 3) \times 25}} \times 2.1$$

$$ID = 0.97 \text{ inch} = 2.47 \text{ cm}$$

3) Rumus diameter pipa sekunder

$$IDS = \sqrt{ID^2 \times 2} \times 0.93$$

$$IDS = \sqrt{0.97^2 \times 2} \times 0.93$$

$$IDS = 0.86 \text{ inch} = 2.19 \text{ cm}$$

Sehingga ditemukan desain dengan spesifikasi:

Tabel 3. 4 Hasil Perhitungan Rumus Graham Bell

| | |
|------------------------|----------|
| Panjang Pipa | 63.08 cm |
| Diameter Pipa Primer | 2.47 cm |
| Diameter Pipa Sekunder | 2.2 cm |

b. Menggunakan Rumus Graham Bell yang Dimodifikasi

- Rumus panjang minimum dan maksimum dari pipa knalpot:

1) Panjang minimum

$$L_1 = \frac{850 \times ED}{Rpm \text{ atas yang ditentukan}} - 3$$

$$L_1 = \frac{850 \times (180 + 82)}{9500} - 3$$

$$L_1 = 20.442 \text{ inch} = 51.92 \text{ cm}$$

2) Panjang maksimum

$$L_2 = \frac{850 \times ED}{\text{Rpm Power maksimum}} - 3$$

$$L_2 = \frac{850 \times (180 + 82)}{8000} - 3$$

$$L_2 = 24.8375 \text{ inch} = 63.08 \text{ cm}$$

- Kemudian menghitung panjang dan diameter pipa primer dan pipa sekunder:

3) Rumus panjang pipa primer

$$P_1 = (P_{top} - P_{low}) \times \frac{L_2}{P_{low}} \quad 133.8 \quad 31.575$$

$$P_1 = (8000 - 5000) \times \frac{24.84}{5000}$$

$$P_1 = 14.9025 \text{ inch} = 37.85 \text{ cm}$$

4) Rumus diameter pipa primer

$$D_1 = \sqrt{\frac{150}{(L_2+3) \times 25}} \times 2.1$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{150}{(24.8375 + 3) \times 25}} \times 2.1$$

$$D_1 = 0.9749 \text{ inch} = 2.476 \text{ cm}$$

5) Rumus panjang pipa sekunder

$$P_2 = (P_{top} - P_{low}) \times \frac{L_1}{P_{low}}$$

$$P_2 = (8000 - 5000) \times \frac{20.442}{5000}$$

$$P_2 = 12.265263 \text{ inch} = 31.15 \text{ cm}$$

6) Rumus diameter pipa sekunder

$$D_2 = \sqrt{D_1^2 \times 2 \times 0.93}$$

$$D_2 = \sqrt{0.9749^2 \times 2 \times 0.93}$$

$$D_2 = 1.28226 \text{ inch} = 3.25 \text{ cm}$$

Sehingga ditemukan desain dengan spesifikasi:

Tabel 3. 5 Hasil Perhitungan Rumus Modifikasi

| | |
|------------------------|----------|
| Panjang Pipa Primer | 37.85 cm |
| Panjang Pipa Sekunder | 31.15 cm |
| Diameter Pipa Primer | 2.47 cm |
| Diameter Pipa Sekunder | 3.25 cm |

Kemudian untuk panjang total dari sistem knalpot digunakan panjang maksimum dari perhitungan yaitu $L_2 = 63.08 \text{ cm}$

Pada rumus Graham Bell, tidak ada pembagian ukuran panjang dari pipa primer maupun sekunder. Serta adanya perubahan ukuran dari diameter primer menjadi lebih kecil pada diameter sekunder. Hal ini dikarenakan rumus *exhaust system* Graham Bell dikhususkan untuk mobil, sehingga untuk penelitian ini digunakan rumus modifikasi yang lebih sesuai untuk mesin 1 silinder.

3.3 Pembuatan Knalpot dengan Spesifikasi Ukuran Hasil Perhitungan

Tahap ke-empat pada perancangan ini adalah membuat *prototype* yang sesuai dengan data yang telah didapat pada pembuatan desain. Dengan variasi ukuran panjang.

Tabel 3. 6 Ukuran Knalpot Standar dan Modifikasi

| Ukuran Knalpot | Modifikasi | Standar |
|-----------------------|------------|----------|
| Panjang Pipa Primer | 37.85 cm | 76.3 cm |
| Panjang Pipa Sekunder | 31.15 cm | 10.49 cm |

| | | |
|------------------------|---------|---------|
| Diameter Pipa Primer | 2.47 cm | 2.79 cm |
| Diameter Pipa Sekunder | 3.25 cm | 4.18 cm |

Dengan ukuran diameter pipa primer yang hampir sama, sehingga digunakan pipa primer knalpot standar yang dimodifikasi panjangnya agar sesuai dengan spesifikasi hitungan knalpot modifikasi. Pipa sekunder dari knalpot standar dipotong yang kemudian diganti dengan *link* berdiameter dalam mengikuti diameter pipa sekunder hitungan knalpot modifikasi dengan ukuran 3.25cm.



Gambar 3. 11 Pipa Primer Knalpot Standar yang Digunakan untuk Knalpot Modifikasi (Dipotong pada Bagian Pipa Sekunder)



Gambar 3. 12 Bagian *Link* Pengganti Pipa Sekunder



Gambar 3. 13 Bagian Pipa Sekunder dari Knalpot Standar

Bagian knalpot standar pada gambar 3.13 merupakan pipa sekunder yang dipotong agar panjang pipa primer sesuai dengan spesifikasi hitungan knalpot modifikasi. Pembuatan knalpot modifikasi menggunakan bahan galvanis dengan ketebalan 0.8 mm.



Gambar 3. 14 Bahan Plat Galvanis dengan Ketebalan 0.8 mm



Gambar 3. 15 Panjang *Silencer* : a. 30 cm , b. 40 cm , c. 20 cm , d. 10 cm

3.4 Pengujian Performa Satria FU 150 dengan Menggunakan Knalpot Hasil Desain dengan 4 Ukuran Panjang *Silencer*

Pada tahap ini knalpot modifikasi akan dilakukan pengujian yang bertujuan untuk pengambilan data terhadap tingkat kebisingan suara dan performa yang dihasilkan. Pengetesan ini dilakukan dengan memasukkan gigi percepatan 5 dan rpm mulai pengambilan data pada rpm 4000. Langkah-langkah pengetesan sama dengan langkah pengetesan performa sepeda motor dengan knalpot standar, namun variabel yang diteliti adalah 4 jenis Panjang *silencer* knalpot. Sehingga dilakukan penggantian *silencer* knalpot saat pengetesan. Setiap jenis panjang knalpot dilakukan 5 kali uji *dyno-test* yang kemudian diambil 3 data pengujian performa maksimal dari setiap *silencer*.

Setelah melakukan pengujian performa setiap *silencer*, dilakukan pengetesan tingkat kebisingan suara pada setiap ukuran knalpot modifikasi.

3.5 Analisa Hasil Uji Performa Desain Knalpot Modifikasi

Pada tahap ini, analisa dilakukan pada hasil uji performa setiap desain *silencer* knalpot yang dibuat hingga tujuan penelitian tercapai. Bila performa yang diinginkan belum tercapai, maka kembali merubah desain panjang dari *silencer*. Data performa knalpot standar dan knalpot modifikasi kemudian dibandingkan untuk kemudian melihat perbedaan performa yang dihasilkan.