

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Data Penelitian

Material *viscoelastic* dengan jenis *Silicone Rubber Castaldo Gellato Fuschea* (SRCF) yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai konstanta $C_{10} = 1$, $C_{01} = 0.9$, $D1 = 0.996$ dan $density = 0.06 \text{ g/mm}^2$. Material *steel S45C* digunakan sebagai *flat indenter* untuk menekan SRCF yang dikondisikan sama seperti pada mesin vulkanisir. *Mass density* yang dimiliki material S45C pada kisaran $770 - 8030 \text{ g/mm}^3$. Peneliti menggunakan *mass density* sebesar 8000 g/mm^3 . Selain itu material ini memiliki *poison ratio* sebesar 0.3 dan *modulus young* sebesar 210. *Yield stress* pada material ini adalah 343 dan tidak memiliki *plastic strain* atau nilai yang dimiliki adalah 0.

3.2. Alat Bantu dan Mesin Penelitian

Alat bantu dan mesin penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Laptop

Berikut ini adalah spesifikasi laptop yang diinstalasi dengan software Abaqus 6.13.

Processor : Intel Core i3-2310M (3M Cache, 2.10 GHz) or Intel Core i5-2410M (3M Cache, 2.30 GHz)

Operating System : Linux Ubuntu 10.10

Memory : 4GB DDR3

Hard Drive : 500GB SATA

Optical : 8X DVD+/-RW with double-layer DVD+/-R write cap

Display : 14.1 Inch Wide LED HD (1366 x 768) Truelife

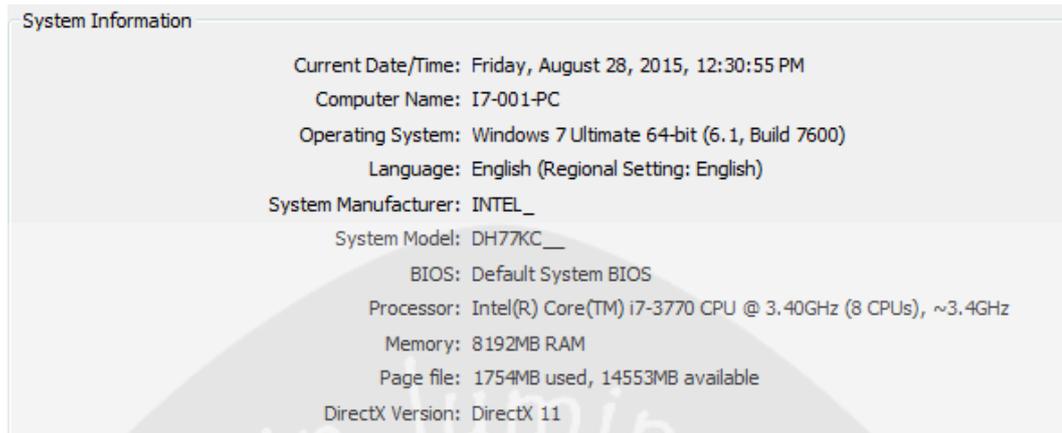
Video Card : Integrated Intel(R) HD Graphics or AMD Radeon HD 6470M

Ethernet : NIC 10/100

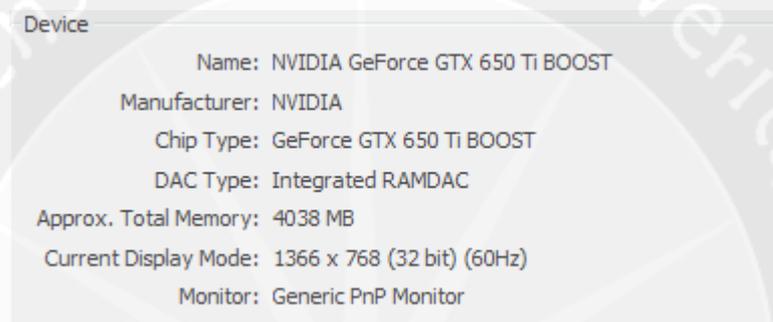
I/O Ports : VGA, HDMI, 3 USB, RJ4

b. PC Laboratorium Proses Produksi UAJY

Berikut ini adalah spesifikasi PC yang diinstalasi dengan software Abaqus 6.13.



Gambar 3.1. Spesifikasi PC yang Diinstalasi dengan Software Abaqus 6.13.

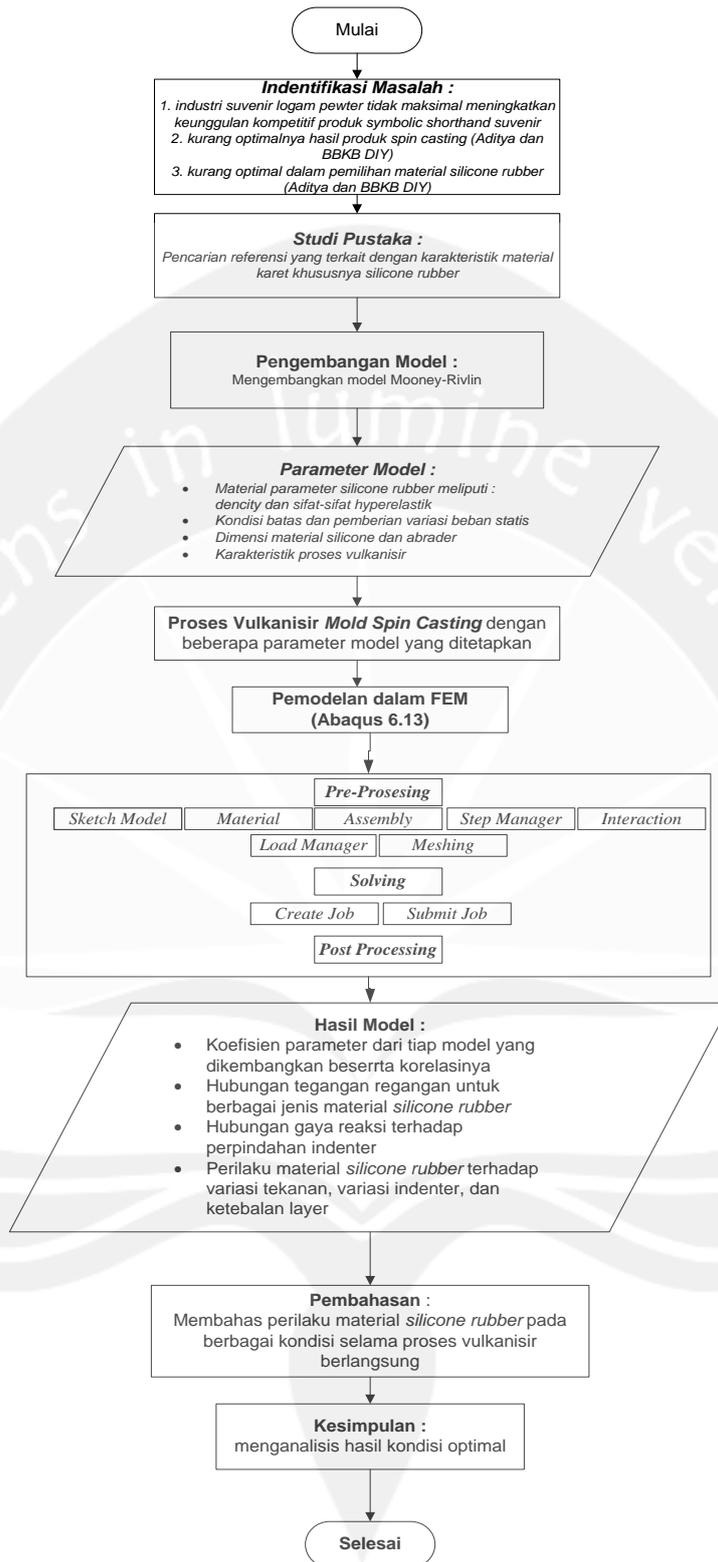


Gambar 3.2. Spesifikasi Grafik PC di Laboratorium Proses Produksi

- c. Software Abaqus 6.13.
- d. Microsoft Excel 2007

3.3. Tahapan Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan penulis dalam rangka penyusunan laporan tugas akhir ini adalah identifikasi masalah, studi pustaka, pengembangan model, analisis dan pembahasan, dan penarikan kesimpulan. Urut-urutan tahapan penelitian dapat dilihat pada *flowchart* metodologi penelitian di Gambar 3.1.



Gambar 3.3. Tahapan Metodologi Penelitian

3.4. Identifikasi Masalah

Masalah yang muncul sebagai topik penelitian ini adalah industri souvenir logam pewter yang kurang maksimal dalam meningkatkan keunggulan kompetitif produk SSS. Pembuatan SSS ini menggunakan teknologi *spin casting*. Selain itu masalah utama lainnya adalah kurang optimalnya hasil produk *spin casting* yang dihasilkan karena kesalahan pemilihan material *silicone rubber* dapat menyebabkan kecacatan pada produk. Hal ini disebabkan kurangnya pengetahuan mengenai sifat - sifat pada *silicone rubber* yang dapat menyebabkan hasil SSS kurang optimal. Untuk mengetahui sifat-sifat tersebut maka akan dilakukan FEA terhadap material SRCGF pada cover mold frame mesin vulkanisir dengan membuat model FEA seperti pada gambar 5.2.

3.5. Studi Pustaka

Penulis melakukan studi pustaka dengan melalui beberapa tahap yaitu pencarian pustaka, membaca dan memahami pustaka, dan seleksi pustaka yang akan digunakan. Pencarian pustaka dilakukan secara *online* dan *offline*. Pustaka yang dicari penulis berupa jurnal ilmiah, buku, skripsi, buletin, dan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Setelah itu, penulis membaca dan memahami pustaka yang didapatkan dan melakukan seleksi pustaka. Seleksi pustaka bertujuan agar pustaka yang dipakai sesuai dengan topik penelitian.

3.6. Pengembangan Model

Pengembangan model bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dari sebuah model dengan mengumpulkan persamaan – persamaan dasar yang diperlukan untuk mempelajari elastisitas *finite*.

3.6.1 Mooney – Rivlin Model

Mooney dan Rivlin mengajukan fungsi energi regangan W sebagai *series* tak terbatas pada kekuatan $(I_1 - 3)$ dan $(I_2 - 3)$ dalam bentuk:

$$W(I_1, I_2) = \sum_{ij=0}^{n \rightarrow \infty} c_{ij} (I_1 - 3)^i (I_2 - 3)^j \quad (3.1)$$

dimana c_{ij} adalah konstanta. Sebagai contoh, Mooney-Rivlin terbentuk dengan dua parameter adalah:

$$W = c_{10}(I_1 - 3) + c_{01}(I_2 - 3) \quad (3.2)$$

3.6.2 Neo – Hookean Model

Persamaan (3.2) menunjukkan serangkaian kekuatan yang biasanya persamaannya diambil. Kemudian Model neo-Hookean hanya mengambil persamaan yang pertama saja (3.3), sehingga diperoleh:

$$W(I_1) = c_{10}(I_1 - 3) \quad (3.3)$$

3.6.3 Ogden Model

Ogden menyimpulkan model konstitutif *hyperelastic* untuk deformasi yang besar dari material *incompressible* seperti *elastomers*. Energi regangan dinyatakan sebagai fungsi peregangan utama sebagai:

$$W(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = \sum_{r=0}^{n \rightarrow \infty} \frac{\mu_r}{\alpha_r} (\lambda_1^{\alpha_r} + \lambda_2^{\alpha_r} + \lambda_3^{\alpha_r} - 3) \quad (3.4)$$

dengan μ_r dan α_r sebagai konstanta material yang dapat ditentukan secara tes eksperimental.

3.6.4 Yeoh Model

Yeoh Model hanya bergantung pada regangan I_1 invarian. Fungsi energi regangan W diperoleh dari:

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{20}(I_1 - 3)^2 + C_{30}(I_1 - 3)^3 \quad (3.5)$$

Ini berlaku untuk karakterisasi sifat elastis *carbon-black-filled* karet divulkanisir (Garcia, 2005).

3.6.5 Arruda – Boyce Model

Model konstitutif untuk perilaku peregangan yang besar pada karet elastis dijelaskan oleh Arruda dan Boyce dalam penelitian yang dilakukan oleh Garcia dkk (2005). *Strain-stress* fungsi ini didasarkan pada representasi delapan rantai makromolekul yang memiliki struktur karet:

$$W(I_1) = G \left[\frac{1}{2}(I_1 - 3) + \frac{1}{20N}(I_1^2 - 9) + \frac{11}{1050N^2}(I_1^3 - 27) \right] + G \left[\frac{19}{7000N^3}(I_1^4 - 81) + \frac{519}{673750N^4}(I_1^5 - 243) \right] + \dots \quad (3.6)$$

dimana modulus $G = nk\Theta$, n adalah densitas rantai, k adalah Konstanta Boltzmann, N adalah jumlah link yang menyusun satu rantai, dan Θ adalah

temperatur. Model ini juga dikenal sebagai Model *eight-chain* sejak dikembangkan dari volume representatif elemen di mana delapan pegas keluar dari pusat kubus menuju sudut.

3.6.6 Gent Model

Kepadatan energi regangan dalam model Gent adalah logaritmik sederhana fungsi dari I_1 invarian pertama, melibatkan dua konstanta material, dan dengan μ modulus geser dan I_m yang mengukur membatasi nilai $I_1 - 3$. Gent mengusulkan kepadatan energi regangan.

$$W(I_1) = \frac{-\mu}{2} I_m \ln \left[1 - \frac{I_1 - 3}{I_m} \right] \quad (3.7)$$

3.6.7 Blatz – Ko Model

Sebuah aplikasi dari teori elastis terbatas untuk deformasi karet bahan diberikan ke dalamnya (Garcia, 2005). *Incompresibilitas* tidak dianggap. *Strain* fungsi energi dilemparkan dalam hal konstanta ν , μ , dan f yang dapat ditentukan secara eksperimental.

$$W(J_1, J_2, J_3) = \frac{\mu f}{2} \left[J_1 - 3 + \frac{1 - 2\nu}{\nu} \{ J_3^{-2\nu/(1-2\nu)} - 1 \} \right] + \frac{\mu(1-f)}{2} \left[J_2 - 3 + \frac{1 - 2\nu}{\nu} \{ J_3^{2\nu/(1-2\nu)} - 1 \} \right] \quad (3.8)$$

Dimana ν adalah Poisson rasio, μ adalah modulus geser, dan f adalah konstanta material. Juga, satu set baru invarian didefinisikan oleh $J_1 = \sum \lambda_i^2$, $J_2 = \sum \lambda_i^{-2}$ dan $J_3 = \prod \lambda_i$.

Pemodelan yang akurat dari bahan *hyperelastic* membutuhkan data sifat material yang diukur pada *strain* besar di bawah beberapa area yang berbeda dari tegangan. model koefisien dihitung dari data uji mekanik dengan menggunakan kuadrat terkecil sesuai rutinitas dalam perangkat lunak *finite element* (Garcia, 2005).

Secara umum pengembangan model yang ada sudah diaplikasikan pada software Abaqus 6.13. Sehingga penulis hanya menginput data yang ada dan tidak melakukan perhitungan manual terhadap pengembangan model karena sudah dilakukan oleh software Abaqus 6.13.

3.7. Parameter Model

Parameter model merupakan suatu nilai atau kondisi yang dijadikan sebagai acuan atau tolak ukur terhadap suatu nilai atau kondisi yang diharapkan. Pada model ini material hyperelastic menggunakan *strain energy function* Mooney-Rivlin, untuk nilai konstanta $C10 = 1$, $C01 = 0.9$, $D1 = 0.996$ dan $density = 0.06 \text{ gr/mm}^3$.

3.8. Pemodelan dalam FEA (Abaqus 6.13)

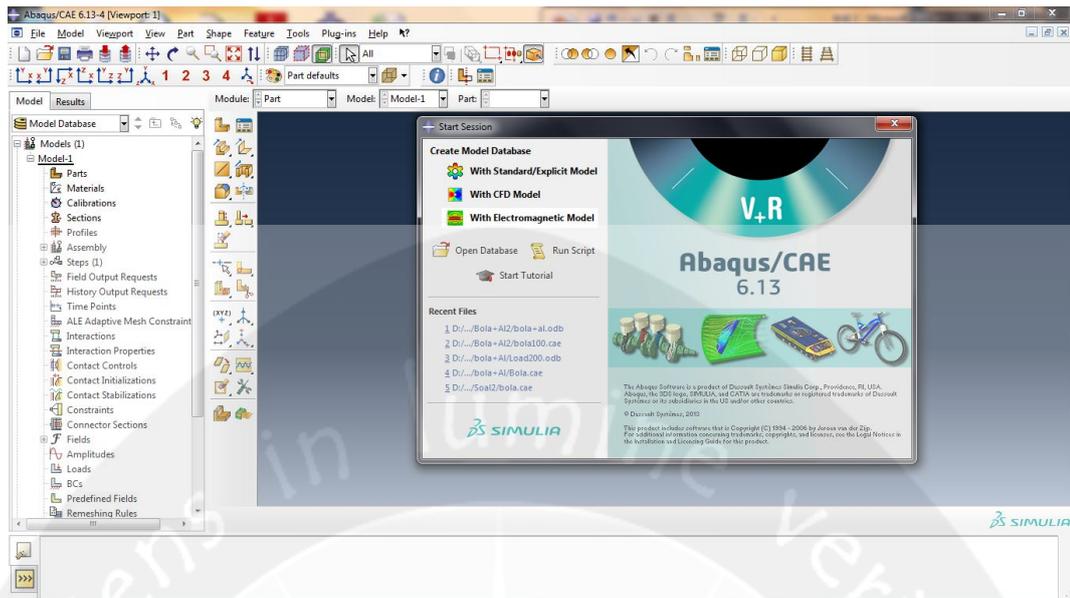
Pemodelan dengan menggunakan *software* Abaqus 6.13 bertujuan untuk melakukan pemodelan dan akan dilakukan simulasi untuk menyelesaikan *problem* matematis yang ada pada objek.

3.9. Pre Processing

Pre-processing merupakan pemodelan fisik suatu benda dengan elemen-elemen kecil, mendefinisikan sifat-sifat material, memberikan kondisi batas dan pembebanan, dan menjalankan *software*.

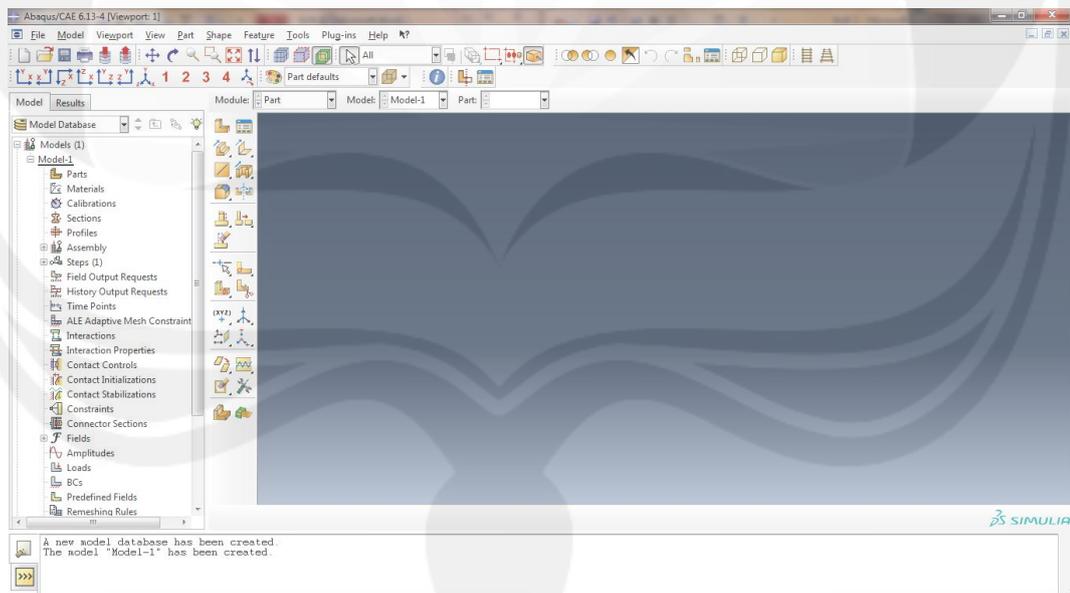
3.9.1. Sketch Model

Pembuatan *part* model pada Abaqus 6.13 memiliki beberapa cara yaitu bisa dengan mengimport dari *software* CAD seperti PowerSHAPE, Solidworks, Catia maupun *software* lainnya. Selain itu pembuatan *part* sendiri melalui Abaqus 6.13 juga dapat dilakukan. Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *part* adalah pemahaman mengenai *part* dan dimensi dari *part* yang akan dibuat. Pembuatan *part* dapat berbentuk 2 dimensi maupun 3 dimensi tergantung dari model yang akan dibuat. Langkah pertama yang dilakukan dalam pembuatan *part* adalah double click pada icon "Abaqus CAE".



Gambar 3.4. Tampilan Awal Abaqus 6.13

Langkah selanjutnya untuk membuat file project baru adalah : klik *with standart/Explicit Model* hingga tampilan seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.4. Tampilan Lembar Kerja Baru Abaqus 6.13.

3.9.2. Material

Fungsi dari material adalah untuk memberikan karakteristik material yang ada terhadap *part* yang sudah dibuat. Pemberian karakteristik material dapat berdasarkan jurnal penelitian yang sudah ada. Namun selain itu dapat pula

dilakukan desain eksperimental untuk mengetahui sifat – sifat material yang akan diteliti.

3.9.3.Assembly

Assembly digunakan untuk menggabungkan beberapa *part* yang sudah dibuat menjadi bentuk atau model. Pada kasus yang akan diteliti *part flat indenter* (variasi sudut θ (*wedge angle*) 180° , *chamfer* 45° dan *radius tip* 2 mm) akan dilakukan kontak dengan *part rubber* dengan jenis *Silicone Rubber Castaldo Gellato Fuschea* (SRCGF). Hal ini dikondisikan menyerupai SRCGF yang akan ditekan dengan menggunakan *cover mold frame vulcanizer* pada mesin *spin casting*.

3.9.4.Step Manager

Modul *step* digunakan untuk mendefinisikan tahapan - tahapan yang sudah dibuat selama proses simulasi. Model yang akan dilakukan simulasi terlebih dahulu ditentukan *Step* yang diinginkan. *Step* yang dipilih tergantung dari berapa banyak proses yang dilakukan oleh model. Selain itu pada modul *Step* dapat ditentukan *Output* yang dihasilkan dari simulasi yang dilakukan.

3.9.5.Interaction

Fungsi dari *interaction* adalah mendefinisikan dimana akan diberikan tumpuan dan beban pada model. Pada pemodelan ini terjadi interaksi mekanika antara *flat indenter* dan *silicone rubber Castaldo Gellato Fuschea* (SRCGF). Pada modul ini juga terdapat tahapan untuk membuat *rigid body* yang digunakan untuk menunjukan *part* yang kaku yang ditunjukkan pada *part flat indenter*.

3.9.6.Load Manager

Modul load digunakan untuk memberikan pembebanan dan *boundary condition* pada model yang akan dilakukan simulasi. Pemberian pembebanan pada kasus ini bervariasi. Pembebanan diberikan mulai dari 50 N, 100 N, 150 N, 200 N, 250 N, 300 N, 350 N, dan 400 N. Tujuan dari variasi pembebanan ini untuk mengetahui kondisi tekan dengan menggunakan *cover mold frame vulcanizer* pada mesin *spin casting* sehingga dapat menghasilkan produk yang tidak cacat/layak produksi.

3.9.7. Meshing

Meshing adalah proses memecah model menjadi potongan-potongan kecil yang dapat diselesaikan oleh perangkat lunak menggunakan matriks matematika canggih dan kemudian bergabung bersama-sama untuk menunjukkan hasil yang benar untuk keseluruhan.

3.9.8. Solving

Solving merupakan proses terakhir dari pemecahan masalah yang dilakukan pada model yang telah dibuat berdasarkan data dan informasi yang akurat.

3.10. Post Processing

Fase *post-processing* merupakan fase yang sulit karena pengguna diharapkan bisa menginterpretasikan hasil, menganalisis angka dan fisik yang dihasilkan, dan melakukan *trouble-shooting* jika hasilnya kurang memuaskan.

3.11. Pembahasan

Pembahasan yang dilakukan adalah membandingkan antara hasil dari simulasi *present* model dengan model – model lain sudah berada pada langkah yang benar dan dijadikan pembenaran pada pemodelan *present* model.

3.12. Penarikan Kesimpulan

Pada tahap ini, penulis menarik kesimpulan berdasarkan penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan.