

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan tugas akhir dibutuhkan suatu penelitian terlebih dahulu, untuk dijadikan sebuah referensi untuk diobservasi. Berikut ini merupakan beberapa referensi yang berkaitan antara lain.

Fauzi (2013), dalam penelitiannya mengenai Analisis tegangan pada *Frame* mobil listrik sinosi menggunakan metode elemen hingga. Penelitiannya menggunakan metode analisis dengan dilakukan perhitungan secara manual dengan metode elemen hingga yang kemudian dibandingkan dengan Simulasi menggunakan *software* Catia P3V5R14. Sehingga dapat memperhitungkan besar tegangan, regangan dan defleksi yang terjadi pada struktur *frame* mobil listrik “sinosi”. Adapun material yang digunakan adalah baja ST-37 berprofil U dengan pembebanan -1020 N, 3980 N, dan -485 N pada jarak 0 cm, 101,5 cm, dan 200 cm. Dari hasil perhitungan menggunakan metode elemenx hingga didapat nilai sebelum diberi penguat lebih besar daripada nilai sesudah diberi penguat. Perbandingan nilai *displacement* antara *frame* sebelum diberi penguat dan sesudah diberi penguat, didapat peningkatan sebesar 7,32% akibat adanya penambahan penguat pada *frame*. Perbandingan nilai reganganantara *frame* sebelum diberi penguat dan sesudah diberi penguat, didapat peningkatan sebesar 14,11% akibat adanya penambahan penguat pada *frame*. Perbandingan nilai tegangan antara *frame* sebelum diberi penguat dan sesudah diberi penguat, didapat peningkatan sebesar 14,11% akibat adanya penambahan penguat pada *frame*. Perbandingan tegangan hasil perhitungan metode elemen hingga dan Simulasi menggunakan *software* Catia menunjukkan tegangan hasil analisa menggunakan *software* Catia nilainya lebih besar dari hasil analisa menggunakan metode elemen hingga. Perbedaan yang cukup besar ini diakibatkan adanya perbedaan metode pendekatan yang digunakan.

Kholil dkk. (2015), melakukan penelitian mengenai analisis karakteristik vibrasi struktur lengan ayun sepeda motor jenis suspensi *Twinshock* menggunakan metode elemen hingga. Penelitian ini dilakukan dengan membuat dua model

lengan ayun berbahan *carbon steel*. Analisis statik dan dinamik pada struktur lengan ayun menggunakan metode elemen hingga. Analisis statik untuk memperoleh nilai tegangan *von mises* dan *displacement*. Analisis dinamik untuk memperoleh nilai frekuensi pribadi. Setelah itu kedua model dilakukan analisis FRF (*Frequency response function*) untuk melihat karakteristik vibrasi akibat dari eksitasi luar. Hasil analisis menyimpulkan bahwa model B memiliki karakteristik yang baik karena tegangan *von mises* sebesar 246,8 Mpa, *displacement* 2,2288 mm, dan frekuensi pribadi pertama 156,52 Hz.

Bambang dkk (2018), berhasil membuat Perancangan dan Analisis Kekuatan *Frame* Sepeda Hibrid “Trisona” menggunakan *software Autodesk Inventor*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan *frame* dengan variasi beban pengendara mulai dari 0–95 kg menggunakan *software autodesk inventor*, dengan menggunakan fitur *Stress Analysis* yang dilengkapi dengan metode *finite element analysis (FEA)*, dapat diketahui luaran berupa *von misses stress*, *displacement*, dan *safety factor*. *Frame* hasil rancangan berdiameter 1 inchi, material dari *mill steel*. Panjang *frame* = 1200mm, lebar = 180 mm, tinggi = 618 mm. Hasil analisis simulasi angka keamanan terkecil untuk berat pengendara 0 kg = 8,93; 65 kg = 2,72; 85 kg = 2,19; 95 kg = 1,99. Batas konstruksi aman untuk bebandinamis minimal = 2. Dengan demikian konstruksi sepeda aman untuk berat pengendara 0–85 kg, sedangkan untuk berat pengendara 95 kg tidak aman. Lokasi tidak aman terjadi disambungan *down tube* dengan *head tube*.

Suryadi dkk. (2018), berhasil membuat penelitian mengenai Pengaruh Peletakan Sensor *Accelerometer* terhadap hasil pengukuran frekuensi vibrasi dengan dilakukan secara simulasi dan pengujian vibrasi pada batang kantilever. Dari hasil simulasi yang menyajikan sepuluh bentuk modus getar pertama pada struktur balok kantilever beserta frekuensi pribadi yang muncul dan didapatkan selisih nilai (*error*) yang dinyatakan dalam persen (%). *Error* tertinggi terdapat pada frekuensi pribadi pertama sebesar 19,02%, dan yang terendah sebesar 0.14% pada frekuensi pribadi ke-8.

Jeffrey dkk. (2018) dalam penelitiannya mengenai rancang bangun konstruksi dan sistem gerak sumbu pada mesin *fused deposition modeling*. *Fused Deposition*

Modelling (FDM) adalah sebuah teknologi *additive manufacture* yang digunakan untuk pemodelan, *prototyping*, dan produksi. Teknologi ini adalah salah satu teknik yang digunakan untuk *printer* 3-D dengan mempelajari, mendesain mesin *fused deposition modelling* dengan model 3-D dan simulasi menggunakan *autodesk inventor* dan perangkat desain lainnya. Desain dan perancangan dilakukan dengan melakukan simulasi kekuatan konstruksi dan kemudian menentukan komponen-komponen yang dibutuhkan. Pembuatan *fused deposition modelling* ini bertujuan sebagai *prototype* agar dapat mengerti cara kerja dan cara melakukan inovasi pada pengembangan *fused deposition modelling*. Hasil perancangan berupa sebuah mesin *fused deposition modelling* yang mampu membuat model secara fisik. Berhasil membuat *printer* 3-D dan mensimulasikan defleksi maksimum pada aluminium *profile* yang terdapat beban pada meja sebesar 0,07 mm, dapat mencetak model 3-D imensi secara fisik sebesar 150 x 150 x 150 mm, pengujian sumbu gerak terjadi penyimpangan pada sumbu X - X' = 0,4° dan Y - Y' = 2,9°.

Mochamad dkk. (2017) dalam penelitiannya mengenai rancang bangun konstruksi rangka mesin *printer* 3-D tipe *Cartesian* berbasis *fused deposition modeling* (FDM). Munculnya teknologi manufaktur aditif pada pertengahan 1980-an, teknologi pencetakan tiga dimensi (3-D) yang mencetak benda dengan mengandalkan ekstrusi termoplastik untuk pembuatan prototipe/pemodelan. Bahan termoplastik yang digunakan adalah *Asam Polylatic* (PLA) dan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang dicetak dengan cara dicairkan menggunakan *nozzel* yang dialirkan secara berlapis-lapis sehingga membentuk sebuah benda. Rancang bangun konstruksi rangka mesin *printer* 3-D tipe *cartesian* berbasis FDM dengan penggerak menggunakan tiga sumbu utama yaitu sumbu X dengan panjang area cetak 380 mm, sumbu Y dengan panjang area cetak 400 mm, dan sumbu Z dengan panjang area cetak 380 mm, dan material yang digunakan yaitu baja JIS G-3103 1995 SS-400, dan Aluminium Al-1100. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kekuatan rangka batang sumbu Z, dan sumbu X dengan, menganalisa kekuatan pada *leadscrew* sumbu Y dan sumbu Z, menganalisa kekuatan sabuk *timing*, memperoleh nilai kekuatan pada kampuh las pada rangka Y, Z. Hasil analisa pada rangka sumbu X nilai tegangan = $4,606 \times 10^{-4}$ < tegangan ijin 18 MPa

maka dianggap aman, analisa gaya *buckling* pada rangka sumbu Z adalah sebesar 229,9 > pembebanan 15,147 kg maka dianggap aman, tegangan geser = 0,38 MPa < tegangan geser maksimum = 0,42 MPa maka dianggap aman untuk *lead screw* sumbu Y, tegangan geser $\sigma_g = 0,83$ MPa < tegangan geser maksimum = 0.94 MPa dianggap aman untuk *lead screw* sumbu Z, Analisa pada perhitungan sabuk *timing* pada rangka X didapat P = 0,03 kW, tegangan geser = $5,52 \times 10^{-3}$ < tegangan ijin pada pengelasan sebesar 256,49 MPa maka untuk pengelasan dinyatakan aman.

Awalia dkk. (2018), dalam penelitiannya mengenai Perancangan *printer* 3-D tipe *Core XY* berbasis *Fused Deposition Modeling* (FDM) menggunakan *Software Autodesk Inventor 2015*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan struktur mekanik dari perancangan desain rangka 3-D *printer* tipe *Core XY* menggunakan *software* Autodesk Inventor 2015 dan mengetahui kualitas produk hasil *printer* 3-D yang dibuat. Penelitian ini merupakan jenis perancangan dengan metode *Pahl & Beitz* dengan tahapan penjabaran tugas atau spesifikasi, perancangan konsep, perancangan wujud, dan perancangan secara terperinci. Analisis data menggunakan statistik deskriptif. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kekuatan rangka *printer* 3-D cukup baik dibuktikan dengan analisis menggunakan *software* Autodesk inventor 2015 dan hasil benda kerja yang diproses menggunakan *printer* 3-D mempunyai nilai kepresisian dengan toleransi ± 0.5 mm dibuktikan dengan hasil pengukuran benda kerja menggunakan alat ukur. Jadi disimpulkan bahwa *printer* 3-D tipe *Core XY* yang dibuat layak digunakan untuk proses pembuatan benda 3 dimensi.

Dari paparan di atas maka keseluruhan kajian pustaka dapat disarikan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.1 Komparasi Kajian Pustaka

Tahun	DATA SUMBER JURNAL LAPORAN		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2013	Fauzi	Analisis tegangan pada <i>Frame</i> mobil listrik sinosi menggunakan metode elemen hingga	1. Dari hasil perhitungan metode elemen hingga menunjukkan <i>displacement</i> , regangan, maupun tegangan <i>frame</i> tanpa penguat memiliki nilai lebih besar daripada <i>frame</i> dengan penguat. 2. Dari hasil perhitungan metode elemen hingga didapat peningkatan <i>displacement</i> sebesar

Tahun	DATA SUMBER JURNAL LAPORAN		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			<p>7,32%, dan regangan dan tegangan meningkat sebesar 14,11%.</p> <p>3. Dari hasil simulasi menggunakan <i>software</i> Catia didapat <i>displacement</i> pada bagian bawah <i>frame</i> tanpa penguat lebih besar daripada <i>frame</i> dengan penguat. Adapun peningkatan paling besar yaitu sebesar 68,30%.</p>
2015	Kholil	Analisis Karakteristik Getaran Struktur Lengan ayun sepeda motor jenis <i>suspense Twinshock</i> menggunakan metode elemen hingga dan eksperimental	<p>a. Hasil analisis statik yang telah dilakukan menunjukkan nilai tegangan <i>von mises (equivalent)</i> dari masing – masing model <i>swing arm</i> sepeda motor. Nilai tegangan <i>von mises</i> terbesar terjadi pada <i>swing arm</i> sepeda motor model A yaitu 417,63 MPa. Sedangkan nilai tegangan <i>von mises</i> pada <i>swing arm</i> model B sebesar 246,8 Mpa. Perbedaan desain model mempengaruhi besar tegangan yang dialami oleh <i>swing arm</i> sepeda motor.</p> <p>b. Hasil analisis statik yang telah dilakukan menunjukkan nilai <i>displacement</i> (deformasi / defleksi) dari masing – masing model <i>swing arm</i> sepeda motor. Nilai <i>displacement</i> terbesar terjadi pada <i>swing arm</i> sepeda motor model A yaitu 2,9556 mm. Sedangkan nilai <i>displacement</i> pada <i>swing arm</i> model B sebesar 2,2288 mm. Perbedaan desain model mempengaruhi nilai <i>displacement</i> yang dialami oleh <i>swing arm</i> sepeda motor.</p> <p>c. Analisis normal <i>modes</i> diperoleh frekuensi natural terkecil pada model A sebesar 134,3 Hz. Sedangkan frekuensi natural terkecil pada model B sebesar 156,52 Hz.</p> <p>d. Hasil grafik rata – rata amplitudo dari 3 variasi RPM, pada <i>swing arm</i> model A mengalami kenaikan pada 5.000 RPM tetapi pada 6.000 RPM mengalami sedikit penurunan. Sedangkan</p>

Tahun	DATA SUMBER JURNAL LAPORAN		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			pada <i>swing arm</i> model B rata – rata amplitudo mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada 5.000 RPM dan terus naik pada 6.000 RPM.
2018	Bambang S. dkk	Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid “Trisona” menggunakan <i>software Autodesk Inventor</i> .	Berdasarkan hasil simulasi analisis kekuatan konstruksi <i>frame</i> sepeda trisona menggunakan <i>software autodesk inventor professional 2015</i> dapat disimpulkan bahwa konstruksi <i>frame</i> sepeda trisona aman untuk berat pengendara maksimal 85 kg.
2018	Suryadi	Pengaruh Peletakan Sensor <i>Accelerometer</i> terhadap hasil pengukuran frekuensi getaran dengan dilakukan secara simulasi dan pengujian getaran pada batang <i>cantilever</i>	Hasil simulasi yang menyajikan sepuluh bentuk modus getar pertama pada struktur balok <i>cantilever</i> beserta frekuensi pribadi yang muncul dan didapatkan selisih nilai (<i>error</i>) yang dinyatakan dalam persen (%). <i>Error</i> tertinggi terdapat pada frekuensi pribadi pertama sebesar 19,02%, dan yang terendah sebesar 0,14% pada frekuensi pribadi ke-8.
2018	Jeffrey, dkk.	Rancang Bangun Kontruksi Dan Sistem Gerak Sumbu Pada Mesin <i>Fused Deposition Modelling</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Pemilihan komponen dapat bekerja dengan baik sesuai seperti yang direncanakan dan dirancang. b. Simulasi defleksi maksimum pada aluminium <i>profile</i> yang terdapat beban pada meja sebesar 0,07 mm. c. Dapat mencetak model 3-D imensi secara fisik sebesar 150 x 150 x 150 mm. d. Pengujian sumbu gerak terjadi penyimpangan pada sumbu X-X' = 0,40 dan Y-Y' = 2,90.
2017	Mochammad, dkk	Rancang Bangun Konstruksi Rangka Mesin <i>printer</i> 3-D Tipe Cartesian Berbasis <i>Fused Deposition Modeling</i> (FDM)	<p>Hasil analisa secara teoritis kekuatan rangka mesin 3-D <i>Printer</i> tipe <i>cartesian</i> berbasis FDM:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Analisa pada rangka sumbu X, dari tegangan ijin dihasilkan nilai 18 MPa untuk alumunium Al 1100 untuk pembebanan dinamis, maka dari itu tegangan yang terjadi pada batang alumunium Al 1100 dengan pembebanan 5,90776 kg dihasilkan nilai tegangan $\sigma = 4,606 \times 10^{-4}$ MPa dan defleksi sebesar 54×10^{-3}

Tahun	DATA SUMBER JURNAL LAPORAN		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			<p>mm, maka batang x dengan material aluminium Al 1100 dinyatakan aman.</p> <p>b. Analisa pada rangka sumbu Z Berdasarkan perhitungan diatas dapat dikatakan gaya <i>buckling</i> pada rangka sumbu Z adalah sebesar 229,9 kg. Perbandingan pada gaya <i>buckling</i> lebih besar dari beban yang diterima rangka sumbu Z 15,147 kg maka konstruksi pada rangka sumbu Z dianggap aman.</p> <p>Analisa secara teoritis kekuatan lead screw mesin 3-D <i>Printer</i> tipe <i>cartesian</i> berbasis FDM:</p> <p>a. Analisa pada <i>lead screw</i> rangka sumbu Y didapat gaya tangensial $P = 0,4138 \text{ N}$, torsi $T = 0,13 \text{ Nm}$, tegangan tekan $T_t = 0,4 \text{ MPa}$, beban kritis $W_{cr} = - 10289,02 \text{ N}$, tegangan <i>bending</i> $\sigma_B = 0,179 \text{ MPa}$, tegangan geser $\sigma_g = 0,38 \text{ MPa}$, tegangan geser maksimum $\sigma_{gmax} = 0,42 \text{ MPa}$.</p> <p>b. Analisa pada <i>lead screw</i> rangka sumbu Z didapat gaya tangensial $P = 0,8856 \text{ N}$, torsi $T = 0,28 \text{ Nm}$, tegangan tekan $T_t = 0,9 \text{ MPa}$, beban kritis $W_{cr} = - 10028,13 \text{ N}$, tegangan <i>bending</i> $\sigma_B = 0,378 \text{ MPa}$, tegangan geser $\sigma_g = 0,83 \text{ MPa}$, tegangan geser maksimum $\sigma_{gmax} = 0,94 \text{ MPa}$</p> <p>Analisa secara teoritis Sabuk Timing mesin 3-D <i>Printer</i> tipe <i>cartesian</i> berbasis FDM pada perhitungan sabuk timing pada rangka x didapat $P = 0,03 \text{ kW}$, daya rencana $P_d = 0,042 \text{ kW}$, kapasitas daya yang ditranmisikan $P_0 = 4,48 \times 10^{-8} \text{ kW}$, sudut kontak sabuk $\theta = 179,86^\circ$, jumlah gigi terkait $JGT = 9,99$, panjang sabuk yang diperlukan $L_p = 140,14 \text{ mm}$</p>
2018	Awalia dkk.	Perancangan <i>printer</i> 3-D Tipe <i>Core XY</i> Berbasis <i>Fused Deposition Modeling</i>	Adanya perancangan 3-D <i>printer</i> tipe <i>Core XY</i> dengan menggunakan <i>software autodesk inventor 2015</i> dan telah dibuat sesuai dengan

Tahun	DATA SUMBER JURNAL LAPORAN		
	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
		(FDM) Menggunakan <i>Software Autodesk Inventor 2015</i>	desain yang dirancang menghasilkan nilai kekuatan rangka yang cukup baik. Sementara produk hasil <i>printer 3-D tipe Core XY</i> memiliki kualitas yang baik karena memiliki ukuran yang presisi dengan desain 2 dimensi yang digambar.

(Sumber: diolah dari Fauzi, Kholil, Bambang, Suryadi, Jeffrey, Mochammad, dan Awalia)

Dari *literature review* diatas, dengan tujuan untuk mencari bagaimana menggunakan Metode Numerik untuk meneliti vibrasi pada *Frame printer 3-D Core XY*, maka yang membedakan penelitian yang akan dilakukan ini antara lain.

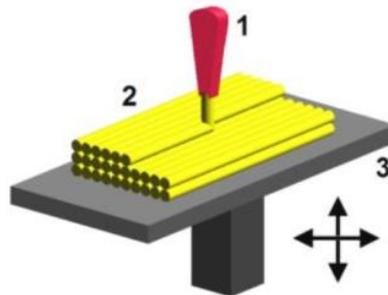
- a. *Software*, dalam penelitian ini menggunakan *software Solidworks 2018*.
- b. Variasi parameter, berupa *print speed* dan *infill geometri*.
- c. Objek penelitian, objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah *printer 3-D Core XY*.

2.2 Printer 3-D

Printer 3-D pertama kali dicetuskan oleh Charles Hull seorang *co-founder, executive vice president, dan chief technology officer* dari perusahaan yang dia dirikan yaitu *3-D System* (Wohlers & Gornet, 2014). Charles Hull merupakan penemu proses pencitraan padat yang dikenal sebagai *stereolithoraphy* atau *3-D Printing*, teknologi *prototype* cepat komersial pertama dan format *file STL* (3-D Systems, 2011). Teknologi ini digunakan untuk membuat model 3-D dari sebuah gambar digital dan memungkinkan pengguna untuk menguji *desain* sebelum diterapkan pada proses manufaktur yang lebih besar (Deepa, 2014).

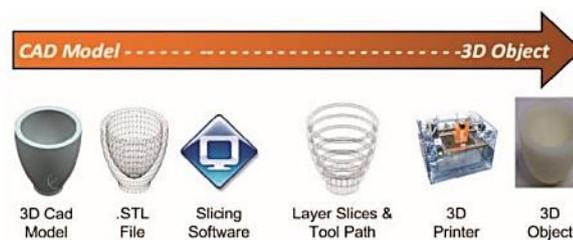
Sistem kerja dari *printer 3-D* menggunakan teknik *Fused Deposition Manufacturing* (FDM) yang dikembangkan oleh Stratasys di Eden Prairie, Minnesota (Bayless, 2010). Dalam proses ini, bahan plastik yang telah dibentuk berupa *filament* yang diekstrusi melalui *ekstruder* yang digerakkan sesuai dengan koordinat yang telah disesuaikan dalam program kemudian dibentuk lapis demi lapis (Cam & Yanbing, 2015). Ekstuder terdiri dari nosel dan pemanas resistif yang menjaga plastik dalam suhu diatas titik lelehnya sehingga mudah mengalir pada nosel dan membentuk lapisan. Setelah cairan plastik melewati nosel maka

akan membentuk pola lapisan sesuai dengan desain yang telah ditentukan (Ilya, 2018).



Gambar 2.1 Sistem kerja *Fused Deposition Manufacturing* (FDM)
(Sumber: Novakova & Kuric, 2012)

Prosedur umum dalam penggunaan *printer* 3-D yaitu dimulai dari ide *desain* yang akan dibuat, kemudian ide tersebut dituangkan dalam gambar 3-D melalui *software* CAD seperti *Solidworks*, *Autocad*, *Sketchup*, dan sebagainya (Cantu & Jonsson, 2012). Desain yang telah digambar tersebut disimpan dalam format file .stl (dot stl) kemudian diolah ke *software* seperti *Repetier*, *Cura* atau *Slicer* yang bertujuan untuk mengonversi file format .stl ke file .gcode supaya mesin *printer* 3-D dapat membaca desain yang akan dibuat. Setelah dikonversi file tersebut dimasukkan kedalam *motherboard printer* 3-D melalui *Micro SD Card* yang telah disiapkan dan memproses desain tersebut untuk menghasilkan produk 3 dimensinya (Novakova & Kuric, 2012).



Gambar 2.2 Proses Kerja dari *Printer* 3-D
(Sumber: Tavena, Budi, dan Carla, 2015)

2.3 Vibrasi

Vibrasi adalah fenomena mekanis di mana osilasi/gerak harmoni sederhana terjadi pada titik ekuilibrium seperti vibrasi pada ponsel. Dalam banyak kasus, vibrasi tidak diinginkan, membuang-buang energi dan menciptakan suara yang

tidak diinginkan. Misalnya, gerakan vibrasi mesin, motor listrik, atau perangkat mekanis apa pun yang beroperasi biasanya tidak diinginkan. Vibrasi semacam itu dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan pada bagian yang berputar, gesekan yang tidak merata, atau penyatuan gigi gigi. Gelombang suara atau tekanan dihasilkan oleh struktur bergetar (Kunto, 2007).

Semakin besar gaya pemotongan maka vibrasi akan semakin besar pula. Fenomena vibrasi seringkali dijumpai dalam dunia industri, khususnya dalam sistem permesinan. Putaran pada mesin umumnya menjadi pemicu terjadinya vibrasi pada sistem permesinan. Vibrasi yang timbul sebagai efek dinamis atas kontak antar bagian mesin, hilangnya keseimbangan putaran poros, dan berbagai hal lainnya. Vibrasi yang berlebihan dapat bersifat merusak dan menurunkan performa dari sistem permesinan itu sendiri (Rochim, 2018).

Getaran juga memiliki tiga ukuran yang dijadikan sebagai parameter dari pengukuran suatu getaran. Ketiga parameter itu ialah sebagai berikut.

1. Amplitudo

Amplitudo juga diartikan sebagai jarak atau simpangan terjauh dari titik keseimbangan. Amplitudo ialah nilai besar sinyal vibrasi yang dihasilkan dari pengukuran vibrasi yang menunjukkan besar gangguan atau vibrasi yang terjadi. Makin besar amplitudo maka makin besar getaran atau gangguan pada suatu benda atau media.

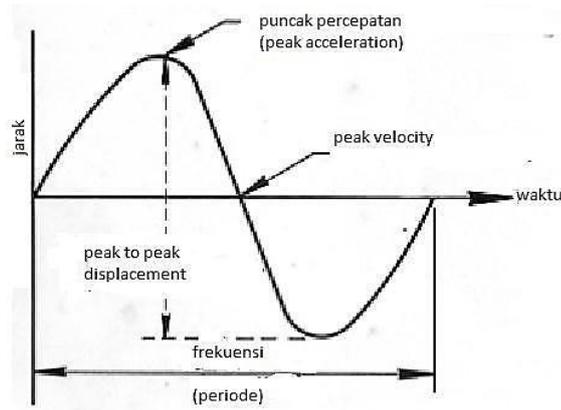
2. Frekuensi

Frekuensi yaitu banyaknya jumlah getaran gelombang dalam satu putaran waktu. Frekuensi dari pengukuran vibrasi dapat mengartikan jenis gangguan yang terjadi. Frekuensi juga biasanya ditunjukkan dalam satuan hertz (Hz).

3. Phase Vibrasi

Phase merupakan penggambaran akhir dari karakteristik suatu getaran atau vibrasi pada suatu benda atau mesin yang sedang bekerja. Phase merupakan perpindahan posisi dari bagian-bagian yang bergetar secara relatif untuk menentukan titik referensi atau titik awal pada bagian lain yang bergetar.

Karakteristik getaran digunakan untuk mengetahui masalah dari pengukuran getaran suatu benda atau media seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Karakteristik Getaran
(Sumber: Supriadi, 2014)

Karakteristik getaran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi getaran

Frekuensi dalam getaran selalu berhubungan dengan amplitudo.

2. Perpindahan Getaran

Perpindahan getaran memiliki pengertian jarak yang ditempuh dari suatu puncak ke puncak lainnya atau biasa disebut *peak to peak displacement*. mikron (μm) digunakan untuk menyatakan perpindahan getaran.

3. Kecepatan Getaran

Kecepatan getaran merupakan kecepatan suatu benda saat mengalami satu getaran. Satuan yang biasa digunakan untuk menyatakan kecepatan getaran adalah mm/det.

4. Percepatan Getaran.

Secara umum percepatan merupakan perubahan dari kecepatan. Percepatan dinyatakan dalam satuan g, dimana g merupakan percepatan yang disebabkan oleh gravitasi permukaan bumi, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

5. Phase Getaran

Phase getaran akan memberikan informasi benda atau bagian yang bergetar relative terhadap benda atau bagian lain yang bergetar dengan frekuensi yang sama dan salah satunya dijadikan sebagai referensi.

Suatu sistem dinamakan bergerak periodik jika sistem tersebut bergerak berulang-ulang dengan gerakan yang sama untuk interval waktu yang sama, waktumimum yang dibutuhkan untuk mengulang gerakan yang sama dinamakan periode T. dengan kata lain, periode T adalah waktu yang dibutuhkan untuk

menyelesaikan suatu getaran atau gerakkan dalam satu siklus.

Suatu sistem dinamik dapat diatur sedemikian dengan kondisi awal, yaitu suatu gangguan yang diberikan pada waktu $t = 0$. Jika tidak ada lagi gangguan atau gaya eksitasi (gaya rangsang) setelah waktu $t = 0$ maka gerak osilasi sistem tersebut akan mengalami getaranbebas.

Secara sederhana getaran merupakan gerakan bolak-balik dari mesin atau bagian-bagian (komponen) dari keadaan diam. Dari kondisi mesin dapat dipelajari adanya masalah mekanis yang dicatat dari karakteristik getaran yang ditimbulkan.

Gerakan yang terjadi dari posisi awal pada batas atas rambatan dan kembali ke posisi netral, sampai pada batas bawah rambatan dan kembali lagi ke posisi netral merupakan satu putaran gerak. Putaran ini yang digunakan untuk mengukur getaran dari sistem, gerakan ini akan berulang dengan putaran yang sama. Gerakan ini disebut getaran periodik dan harmonis.

Gerak harmonik sederhana adalah gerak bolak balik suatu benda secara teratur melalui titik keseimbangannya dalam setiap detik secara konstan. Setiap gerakan terjadi secara berulang dalam selang waktu yang sama disebut gerakan periodik. Jika suatu partikel melakukan gerak periodik dalam lintasan yang sama maka disebut sebagai getaran atau osilasi (William, 1993).

2.4 Metode Numerik

Metode Numerik adalah teknik untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang diformulasikan secara matematik dengan cara operasi hitungan (*arithmetic*). Beberapa definisi metode numerik dikemukakan ahli matematika, misalnya metode numerik adalah teknik dimana masalah matematika diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat diselesaikan oleh pengoperasian aritmetika (Chapra dan Chanale, 1991).

Metode numerik adalah teknik-teknik yang digunakan untuk merumuskan masalah matematika agar dapat diselesaikan hanya dengan operasi hitungan, yang terdiri dari operasi tambah, kurang, kali dan bagi (Susila, 1994).

Terdapat banyak jenis metode numerik, namun pada dasarnya masing-masing metode tersebut memiliki karakteristik umum, yaitu selalu mencakup sejumlah kalkulasi aritmetika. Jadi metode numerik adalah suatu teknik untuk memformulasikan masalah matematika sehingga dapat diselesaikan dengan

operasi aritmetika yang terdiri dari operasi tambah, kurang, kali dan bagi (Rochmad, 2011).

Alasan pemakaian metode numerik ini karena tidak semua permasalahan matematis atau perhitungan matematis dapat diselesaikan dengan mudah. Bahkan dalam prinsip matematik, suatu persoalan matematik yang pertama dilihat apakah persoalan itu memiliki penyelesaian atau tidak. Jadi, jika persoalan sudah sangat sulit atau tidak mungkin diselesaikan dengan metode matematis (analitik) maka kita dapat menggunakan metode numerik sebagai alternatif penyelesaian persoalan tersebut.

Disamping itu menurut Rochmad (2011) ada beberapa alasan menggunakan metode numerik untuk memecahkan masalah yang dihadapinya sebagai berikut.

1. Metode numerik merupakan suatu teknik untuk menyelesaikan masalah matematika yang efektif dan efisien. Dengan bantuan komputer sanggup menangani masalah yang rumit dan melibatkan perhitungan yang luas, misalnya untuk memecahkan masalah solusi suatu persamaan tak linear, sistem persamaan yang besar, dan permasalahan lainnya termasuk dalam teknik dan sosial. Masalah yang sering sulit atau bahkan tidak mungkin dapat diselesaikan secara analitis dapat diselesaikan dengan metode numerik.
2. Saat ini terdapat berbagai paket program komputer (misalnya *excel*, *maple*, *matlab*, atau program paket lainnya) yang tersedia dan diperdagangkan sehingga mudah didapat yang dalam pengoperasiannya mencakup metode numerik. Dengan demikian, pemecah masalah tinggal menyesuaikan dengan karakteristik program paket tersebut dengan algoritma yang digunakan dalam pemecahan masalah.
3. Apabila masalah yang dihadapi sulit diselesaikan dengan bantuan program paket komputer, maka pemecah masalah dapat menggunakan program komputer (misalnya *basic*, *pascal*, *fortran*, atau program komputer lainnya). Jika pemecah masalah mahir mendesain program sendiri, maka pemecah masalah dapat lebih leluasa dalam menggunakan metode numerik untuk memecahkan masalah yang dihadapinya.

4. Di sisi lain, metode numerik merupakan semacam sarana yang efisien untuk mengenal karakteristik komputer dan mendesain algoritma, diagram alur dan menulis program komputer sendiri.

2.5 Solidworks

Solidworks adalah salah satu *software CAD* yang dibuat oleh *Dassault Systemes*. *Software Solidworks* digunakan untuk merancang *part* permesinan atau susunan *part* permesinan yang berupa *assembling* dengan tampilan 3-D untuk merepresentasikan *part* sebelum *real part*-nya dibuat atau tampilan 2-D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. *Solidworks* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program *CAD* seperti *Pro-Engineer*, *NX Siemens*, *I-Deas*, *Unigraphics*, *Autodesk Inventor*, *Autodeks Autocad* dan *Catia*. *Solidworks Corporation* didirikan pada tahun 1993 oleh Jon Hirschtick, dengan merekrut tim insinyur profesional untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak *CAD 3-D*, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama *Solidworks 95* pada tahun 1995. Pada 1997 *Dassault Systemes*, yang terdapat pada *Cad software* dikenal dengan *Catia Cadsoftware*, mengakuisisi perusahaan dan sekarang ini memiliki 100% dari saham *Solidworks*. *Solidworks* dipimpin oleh John Mc.Eleney dari 2001 hingga Juli 2007, dan sekarang dipimpin oleh Jeff Ray.

Solidworks saat ini digunakan oleh lebih dari 3/4 juta insinyur dan desainer di lebih dari 80.000 perusahaan di seluruh dunia. Dahulu di Indonesia orang familiar dengan *Autocad* untuk desain perancangan gambar teknik, tapi sekarang dengan mengenal *Solidworks*, *Autocad* sudah jarang digunakan untuk menggambar bentuk 3-D. Untuk pemodelan pada industri pengecoran logam dalam hal pembuatan *pattern* (pola/model), program 3-D yang terdapat pada *software Solidworks* sangat membantu dalam pekerjaan, sebab akan memudahkan operator *pattern* untuk menerjemahkan gambar menjadi *pattern/model casting* pengecoran logam dan tentunya akan mengurangi kesalahan pembacaan gambar yang bisa mengakibatkan kesalahan pada produk yang dihasilkan.

Solidworks memiliki aplikasi-aplikasi yang memudahkan pengguna untuk merancang sebuah objek 3-D. Jika dibandingkan dengan *software* yang telah banyak digunakan dalam perancangan 3-D, merancang 3-D dengan

Solidworks relatif lebih mudah dan lebih cepat. *Solidworks* memiliki keunggulan sendiri dibandingkan dengan *software* yang telah biasa digunakan. Beberapa aplikasi yang terdapat di *Solidworks* yaitu “*Part*” adalah sebuah objek 3-D yang terbentuk dari *feature – feature*. Sebuah *part* bisa menjadi sebuah komponen pada suatu *assembly*, dan juga bisa digambarkan dalam bentukan 2-D pada sebuah *drawing*. *Feature* adalah bentukan dan operasi – operasi yang membentuk *part*. *Base feature* merupakan fitur yang pertama kali dibuat. “*Assembly*” adalah sebuah *document* dimana *parts*, *feature* dan *assembly* lain (*Sub Assembly*) dipasangkan/disatukan bersama. *Drawing* adalah *templates* yang digunakan untuk membuat gambar kerja 2-D/2-D *engineering Drawing* dari *single component (part)* maupun *Assembly* yang sudah dibuat. Dengan keunggulan-keunggulan yang memang khusus dibuat untuk merancang 3-D, diharapkan penggunaan *software solidworks* dapat mempermudah dalam merancang sebuah gambar 3-D (Suraj. dkk., 2013).

Rangka merupakan bagian yang paling penting dari *printer 3-D*, keergonomisan *printer 3-D* sangat ditentukan dari perancangan bentuk dan dimensi rangka.

Bentuk rangka dituntut untuk memenuhi aspek kenyamanan dengan tidak mengabaikan faktor kekuatan rangka *printer 3-D* itu sendiri. Kekuatan rangka merupakan suatu hal yang harus menjadi perhatian utama, karena kekuatan dari rangka sangat mempengaruhi keamanan pengguna (Hendra.dkk, 2015).