

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

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

Helmi 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 St37 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 elemen 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 regangan antara *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.

Ahmad 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.

Dedi Suryadi dkk., (2016), berhasil membuat penelitian mengenai Pengaruh Peletakan Sensor Accelerometer terhadap hasil pengukuran frekuensi vibrasi dengan dilakukan secara simulasi dan pengujian vibrasi pada batang cantilever. Dari hasil simulasi yang menyajikan sepuluh bentuk modus getar pertama pada struktur balok cantilever 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.

Abidin dan Rama, (2017), berhasil membuat penelitian mengenai Analisa Distribusi Tegangan dan *Defleksi Connecting Rod* Sepeda Motor 100 CC menggunakan Metode Elemen Hingga. Tujuan dari penelitiannya adalah menganalisa tegangan *von mises* dan faktor keamanan pada *connecting rod* dengan bantuan *solidworks* 2007. Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil bahwa tegangan *von misses* maksimum yang terjadi yaitu sebesar $4,911e+008$ N/m² dan nilai tegangan *von mises* berada dibawah tegangan *yield* material baja AISI 1045 sehingga *connecting rod* dapat dikatakan dalam keadaan aman.

Afdalul dkk., (2018), berhasil membuat rancang bangun *CNC (Computer Numerical Control) Router* dengan menggunakan Program *G-Code* dengan menggunakan *GBRL controller* sebagai pengontrol mesin *CNC*. Mikrokontroler digunakan untuk meneri *G-Code* dari *PC* yang dikirim ke mikrokontroler yang

selanjutnya dikontrol menggunakan *GBRL* controller untuk menggerakkan motor stepper. *CNC Router* mempunyai tingkat akurasi yang memiliki *error* kurang dari 1% yang menyatakan alat bekerja dengan baik dan bisa menghasilkan hasil sesuai dengan desain gambar yang ditentukan sebelumnya.

Tabel 2.1 Komparasi Kajian Pustaka

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2013	<i>Helmi Fauzi</i>	Analisis tegangan pada <i>Frame</i> mobil listrik sinosi menggunakan metode elemen hingga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dari hasil perhitungan metode elemen hingga menunjukkan displacement, regangan, maupun tegangan frame tanpa penguat memiliki nilai lebih besar daripada frame dengan penguat. 2. Dari hasil perhitungan metode elemen hingga didapat peningkatan displacement sebesar 7,32%, dan regangan dan tegangan meningkat sebesar 14,11%. 3. Dari hasil simulasi menggunakan <i>software</i> Catia didapat displacement pada bagian bawah frame tanpa penguat lebih besar daripada frame dengan penguat. Adapun peningkatan paling besar yaitu sebesar 68,30%.
2015	<i>Ahmad Kholil</i>	Analisis Karakteristik Getaran Struktur Lengan ayun sepeda motor jenis suspense <i>Twinshock</i> menggunakan metode elemen hingga dan eksperimental	<ol style="list-style-type: none"> a. Hasil analisis statik yang telah dilakukan menunjukkan nilai tegangan <i>von mises (equivalent)</i> darimasing – 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

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			<p>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 <i>normal modes</i> diperoleh frekuensi pribadi terkecil pada model A sebesar 134,3 Hz. Sedangkan frekuensi pribadi 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 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.</p>
2016	Suryadi	Pengaruh Peletakan Sensor <i>Accelerometer</i> terhadap hasil pengukuran frekuensi getaran	Hasil simulasi yang menyajikan sepuluh bentuk modus getar pertama pada struktur balok cantilever beserta frekuensi pribadi yang muncul dan didapatkan selisih nilai (<i>error</i>)

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
		dengan dilakukan secara simulasi dan pengujian getaran pada batang cantilever	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.
2017	Abidin	Analisa Distribusi Tegangan dan <i>Defleksi Connecting Rod</i> Sepeda Motor 100 CC menggunakan Metode Elemen Hingga	Tegangan <i>von misses</i> maksimum yang terjadi yaitu sebesar $4,911e+008$ N/m ² dan nilai tegangan <i>von mises</i> berada dibawah tegangan <i>yield</i> material baja AISI 1045 sehingga <i>connecting rod</i> dapat dikatakan dalam keadaan aman.
2017	Endi Cahyono	Rancang Bangun Meja Mesin Plasma <i>Cutting</i> Dengan Gerak 3 Axis X, Y, Z Menggunakan Motor <i>Stepper</i> Berbasis Arduino	1. Untuk gerak sumbu X direncanakan bergerak sepanjang 200 mm, pada hasil pengujian gerak pada sumbu X mampu bergerak sepanjang 200 mm sesuai yang direncanakan. Untuk gerak sumbu Y direncanakan bergerak sepanjang 200 mm, namun pada hasil pengujian gerak pada sumbu Y bergerak sepanjang 190 mm. Hasil pada pengujian gerak sumbu Y tidak sesuai dengan yang direncanakan karena konstruksi dari rel laci telah mencapai batas geraknya dan untuk sumbu Z direncanakan bergerak sepanjang 100 mm, sedangkan pada hasil uji gerakannya diperoleh 140 mm. Gerak pada sumbu Z tidak sesuai dengan yang direncanakan karena pembuatan sumbu Z tidak sesuai dengan desain. 2. Dari perhitungan didapat torsi dan daya terbesar untuk menggerakkan meja mesin plasma cutting, yaitu sebesar $T = 0,0148$ N.m, $P = 0,464$ watt. Dari tersebut dapat dipilih motor

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			<p>stepper dengan spesifikasi $T = 4 \text{ Kg.Cm} = 0,04 \text{ Kg.m} = 0,0392 \text{ N.m}$ dan $P=20,4 \text{ watt}$. Dipilihnya motor stepper karena harga relatif terjangkau dibandingkan dengan motor servo. Kami memilih jenis ulir penggerak metrik karena mudah didapatkan dipasaran dan sering digunakan untuk membuat mesin CNC maupun 3D printer. Ulir yang dipilih memiliki diameter M8 dan pitch 2 mm, sehingga ketelitian yang didapat dari pitch 2 mm dan step angle dari motor stepper adalah 1,80 per pulsa adalah 0,01 mm/pulsa.</p> <p>80 3. Rel laci bisa digunakan sebagai alternatif penggerak. Rel laci bergerak dengan lembut (Slow motion) sehingga cocok untuk alternatif penggerak</p>
2018	Azmi	Rancang dan Bangun Mesin CNC berbasis GBRL Kontroler	<ol style="list-style-type: none"> 1. Berdasarkan hasil pengujian setiap <i>Axis X, Y</i> dan <i>Z</i> mesin CNC (<i>Computer Numerical Control</i>) dapat bekerja secara otomatis dan dapat membaca <i>input file G-Code</i> atau <i>Command G-Code</i>. 2. Berdasarkan hasil pengujian sistem <i>Axis X</i> sudah berjalan dengan baik, pada saat dilakukan percobaan pemberian kordinat pada <i>software GBRL controller</i> hasil perbandingan dari <i>software</i> dan hasil menghasilkan <i>error</i>. Nilai rata-rata <i>error</i> yang didapat dari perbandingan koodinat <i>software</i> dan hasil <i>hardware</i> adalah sebesar 0,28% untuk kecepatan 200 mm/min , 0,16% untuk kecepatan 300

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			mm/min dan 0,31% untuk kecepatan 400 mm/min.
			3. Berdasarkan hasil pengujian sistem <i>Axis Y</i> sudah berjalan dengan baik, pada saat dilakukan percobaan pemberian kordinat pada <i>software GBRL controller</i> hasil perbandingan dari <i>software</i> dan hasil menghasilkan <i>error</i> . Nilai rata-rata <i>error</i> yang didapat dari perbandingan kordinat <i>software</i> dan hasil <i>hardware</i> adalah sebesar 0,15% untuk kecepatan 200 mm/min , 0,10% untuk kecepatan 300 mm/min dan 0,19% untuk kecepatan 400 mm/min.
			4. Berdasarkan hasil pengujian sistem <i>Axis X, Y</i> sudah berjalan dengan baik, pada saat dilakukan percobaan pemberian kordinat pada <i>software GBRL controller</i> hasil perbandingan dari <i>software</i> dan hasil menghasilkan <i>error</i> . Nilai rata-rata <i>error</i> yang didapat dari perbandingan kordinat <i>software</i> dan hasil <i>hardware</i> adalah sebesar 0,86% untuk <i>Axis X</i> 0,15% untuk <i>Axis Y</i> dengan kecepatan 200 mm/min, 0,70% untuk <i>Axis X</i> 0,10% untuk <i>Axis Y</i> dengan kecepatan 300 mm/min dan 0,97% untuk <i>Axis X</i> 0,19% untuk <i>Axis Y</i> dengan kecepatan 400 mm/min.
			5. Berdasarkan pengujian X, Y dan Z dengan <i>input</i> berupa gambar dengan <i>input</i> file G-

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			Code didapatkan hasil yang sama antar <i>input</i> gambar dengan hasil.
2019	Andi Prasetyo	Analisis Vibrasi <i>Frame CNC Router</i> 3 Sumbu Secara Numerik	<p>Berdasarkan hasil simulasi terhadap <i>Frame CNC Router 3 Axis</i> menggunakan perangkat lunak <i>Solidworks</i> 2019, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu Proses desain dilakukan berdasarkan pengumpulan data dari berbagai literatur dan survey lapangan yang selanjutnya dilakukan <i>general assembly</i> pada <i>software</i> yang sama untuk memudahkan proses simulasi lalu dilanjutkan dengan pemilihan material. Material yang digunakan pada rangka yaitu alumunium profil 20 x 20 dan untuk bagian <i>gantry x axis</i> menggunakan <i>plastic ABS</i> yaitu hasil dari <i>3d printing</i>.</p> <p>Pensimulasian ini menggunakan <i>Software Solidworks Simulation</i> 2019 dengan pertama yaitu Menentukan <i>constraint</i>, <i>Constraint</i> yang berikan berupa <i>fixed geometry</i> pada kedua <i>frame</i> lebar <i>Frame CNC Router</i> dilanjutkan dengan <i>Meshing</i>, Pada simulasi saat ini, <i>frame</i> dijadikan 147.607 <i>elements</i> dan 257.168 <i>node</i> dan tentunya Pembebanan, beban yang diberikan pada simulasi ini merupakan beban alami atau beban dari rangka <i>CNC Router</i> itu sendiri.</p> <p>Hasil simulasi menunjukkan bahwa frekuensi yang terjadi memiliki nilai yang relatif bagus yaitu 0,005 Hz dan 0,016 Hz</p>

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			sehingga dapat dikategorikan aman untuk digunakan.
			Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa.
2019	Salman Alfarizi	Analisis Vibrasi <i>Frame Printer 3D Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling</i> secara Numerik.	<p>1. Proses desain frame 3-D printer ini dilakukan menggunakan software Solidworks 2018 Premium berdasarkan pengumpulan data dari berbagai literatur dan survei lapangan yang selanjutnya dilakukan general assembly pada software yang sama untuk memudahkan proses simulasi. 2. Pensimulasian ini menggunakan software Solidworks Simulation 2018 Premium. Adapun pengaturan yang dilakukan sebelum simulasi dimulai antara lain,</p> <p>a. Verifikasi material, material yang dipakai dalam simulasi kali ini adalah 6035-T5. b. Menentukan constraint, Constraint yang diberikan berupa fixed geometry pada keempat kaki frame 3-D Printer. c. Meshing, Pada simulasi saat ini, frame dijadikan 141.395 elements dan 258.337 nodes.</p> <p>Pembebanan, beban yang diberikan pada simulasi ini merupakan beban alami atau beban dari rangka printer itu sendiri.</p> <p>3. Frekuensi yang dihasilkan pada saat simulasi menghasilkan kekuatan magka yang cukup baik sehingga rangka 3-D printer ini dapat</p>

DATA SUMBER JURNAL LAPORAN			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			dikategorikan aman untuk digunakan.

(Sumber: Diolah dari [10], [17], [31], [1],[8],[3],[23],[14])

Berdasarkan dari hasil beberapa penelusuran *literature* diatas, maka dapat disimpulkan bahwa usulan Tugas Akhir ini memiliki tujuan untuk mencari bagaimana menggunakan Metode Numerik untuk meneliti vibrasi pada *Frame CNC Plasma Cutting 3 Axis*.

Maka yang membedakan penelitian yang akan dilakukan ini antara lain.

- a. *Software* yang digunakan adalah *Solidwork 2020*.
- b. Variasi parameter permesinan (*Cutting speeds, Feed rate, Depth of cut*) terhadap vibrasi.
- c. Objek penelitian menggunakan mesin *CNC Plasma Cutting 3 axis*.

2.2 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 berlebih dapat bersifat merusak dan menurunkan performa dari sistem permesinan itu sendiri (Rochim, 2016).

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.

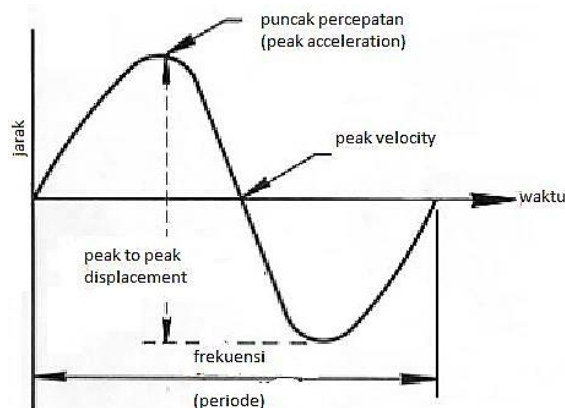
2. Frekuensi

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 2.1



Gambar 2.1 Karakteristik Getaran [5]

Karakteristik getaran tersebut ialah 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*. Micron (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 relatif 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 untu interval waktu yang sama, waktu minimum 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 getaran bebas.

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).

2.3 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).

Mengapa harus Metode Numerik? 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 sejumlah mengapa orang menggunakan metode numerik untuk memecahkan masalah yang dihadapinya. Beberapa alasan tersebut sebagai berikut.

1. Metode numerik merupakan suatu teknik untuk menyelesaikan masalah matematika yang efektif dan efisien. Dengan bantuan komputer ia 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.

Perangkat lunak *solidworks* dapat mensimulasikan tekanan, kejutan, dan getaran “*Shock and Vibration*” sehingga memberikan hasil yang sangat mudah dimengerti. Dengan demikian, perangkat lunak *solidworks* dapat menganalisis vibrasi pada *Frame CNC Plasma Cutting 3 sumbu* secara numerik.

2.4 CNC (Computer Numerical Control)

Teknologi *CNC (Computer Numerical Control)* adalah kunci dari teknologi peralatan mesin, yang merupakan dasar dari industri satuan komputerisasi mesin *CNC* dioperasikan oleh *controller* yang masing-masing memiliki modul *software* dikenal sebagai penerjemah untuk mengambil data dari sistem CAM kode yang dihasilkan dan mengkonversi ke *controller* perintah gerak. Namun dengan perkembangan teknologi control numeric sistem *CNC* yang ada terbatas dengan penerjemah untuk mengatasi masalah ini. Modul konseptual sistem perangkat lunak baru disajikan. Sistem ini dikembangkan mampu menginterpretasikan ISO 14649 dan 6983 kode ini menafsirkan posisi alat *spindle (Torch Plasma)* dan data penerjemah kemesin *CNC* pada waktu yang berarti juga mampu menghasilkan output dalam teks sesuai struktur *file* yang ditetapkan pengguna (Yosofa, 2015).

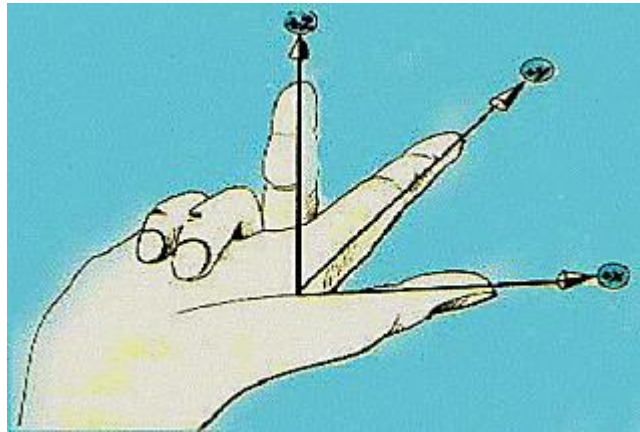
Mesin *CNC* hanya dapat membaca kode standart yang telah disepakati oleh standarkan oleh ISO atau badan Internasional lainnya. Dengan kode standar *CNC* dapat menggunakan PC sebagai inputan direkomendasikan. Kode standar mesin *CNC*, yaitu:

GRUP	KODE - G	ARTI
Grup 0	G00	Gerak cepat tanpa pemakanan
	G01	Gerak lurus Interpolasi dengan pemakanan
	G02	Gerak Interpolasi melingkar searah jarum jam
	G03	Gerak interpolasi melingkar berlawanan arah dengan jarum jam
	G04	Siklus pembubutan memanjang dan melintang
	G05	Siklus penguliran
	G06	Siklus Pengaluran
	G07	Siklus pengeboran dengan pemulusan tabel
	G08	Siklus pengeboran dengan pemulusan talai dan gerakan ke permukaan
Grup 1	G09	Kecepatan potong konstan
	G10	Putaran spindle konstan
Grup 2	G11	Kecepatan pemakanan dalam mm per menit
	G12	Kecepatan pemakanan dalam mm per putaran
Grup 3	G13	Pembatalan penetapan titik nol yang pertama dan kedua
	G14	Penetapan titik nol benda kerja yang ke 1
	G15	Penetapan titik nol benda kerja yang ke 2
Grup 4	G16	Perubahan koordinat titik nol benda kerja yang ke 5 dengan penetapan melalui program NC
Grup 5	G17	Pembatalan penetapan titik nol yang ke 3, 4, dan 5
	G18	Pembatalan Penetapan titik nol benda kerja yang ke 3 dan 4
	G19	Penetapan titik nol benda kerja yang ke 3
	G20	Penetapan titik nol benda kerja yang ke 4
	G21	Penetapan titik nol benda kerja yang ke 5
Grup 8	G40	Pembatalan Perintah Kompensasi tiasan perkakas sayat
	G41	Kompensasi tiasan pahat pada sebelah kiri
	G42	Kompensasi tiasan pahat pada sebelah kanan

Gambar 2.2 *G-code* [18]

Gerakan Sumbu *CNC* adalah Sistem persumbuan pada mesin *CNC* diatur berdasarkan standar ISO 841 dan DIN 66217. Untuk berbagai macam mesin, sistem

penentuan sumbunya mengikuti kaidah tangan kanan. Telapak tangan kanan pada posisi menghadap ke atas, Jari tengah diatur arahnya tegak lurus bidang telapak tangan, jari telunjuk searah dengan telapak tangan, sedangkan ibu jari diatur tegak lurus dengan telunjuk dan sebidang dengan telapak tangan



Gambar 2.3 Sistem Persumbuan Mesin CNC [18]

2.4.1 G-Code

G-Code atau bisa disebut juga (RS-274) adalah sebuah program yang digunakan untuk *numerical control* (NC), *G-Code* digunakan dalam sebuah manufaktur dengan bantuan komputer untuk mengontrol otomatisasi sebuah mesin perkakas. *G-Code* juga biasa disebut dengan bahas program G atau COM. *G-Code* adalah bahasa dimana orang mengatakan komputerisasi mesin dalam membuat sesuatu. Dapat didefinisikan sebagai petunjuk kemana harus bergerak, cara untuk pindah, dan apa jalur yang harus diikuti. Situasi yang umum adalah sebuah mesin yang harus beroperasi sesuai dengan konsep atau sebuah petunjuk yang telah dibuat atau mengikuti sebuah pola dan membentuk sebuah potongan. Implementasi pertama kontrol numerikal dengan program bahasa G dikembangkan MIT *Servomechanisms Laboratory* di tahun 1950-an. Satu dekade sejak implementasi pertama dilakukan sudah banyak perkembangan yang dilakukan oleh organisasi atau non organisasi. *G-Code* yang sering digunakan sebagai standar mesin *control numerical* (NC). Berikut adalah tampilan *G-Code* program.

2.4.2 GBRL Controller

GBRL *Controller* adalah *Software library* yang ada didalam *CNC shield* untuk mengartikan *G-Code* yang dikirim ke sebuah Arduino sebagai perintah untuk mengerjakan sebuah mesin *CNC*. Pada dasarnya GBRL adalah sebuah *hex file* yang dapat dikirimkan ke Arduino agar dapat membaca sebuah perintah/ Program *G-Code*. Dengan *CNC shield* sebagai mikrokontroler dan driver stepper penggerak dari motor stepper.

2.5 Mesin *CNC Plasma Cutting*

Plasma *cutting* adalah mesin yang digunakan untuk memotong logam Prinsip kerja plasma cutting adalah dengan mengalirkan arus listrik pada gas yang melewati penampang kecil sehingga akan memanaskan udara tersebut hingga temperatur yang sangat tinggi yang disebut sebagai fase plasma. Udara yang telah mencapai fase plasma kemudian ditiupkan pada logam yang akan dipotong. Udara yang digunakan adalah udara bertekanan yang ditiupkan ke logam melalui *nozzle*, sehingga memiliki kecepatan alir yang sangat tinggi, seperti pada udara yang mengalir pada pipa venturi karburator (Indocentral, 2016)

Panas diproduksi oleh elektroda yang disuplai aliran listrik DC. Torch plasma terhubung dengan kutub *negative*, dan sedangkan material dihubungkan dengan kutub positif.

Mesin plasma cutting dapat dirangkai dengan *CNC*. *CNC* merupakan sistem gerak yang dapat menggerakkan torch plasma cutting sesuai dengan perintah komputer. Penggunaan *CNC* bertujuan untuk melaksanakan proses cutting plat secara otomatis, cepat, dan presisi. Pada usaha pengerjaan plat, *CNC plasma cutting* merupakan peralatan yang harus dimiliki.

a. Komponen Mesin *CNC Plasma Cutting*

Berikut Ini adalah beberapa komponen penting pada mesin *CNC Plasma Cutting* adalah Sebagai berikut:

- Plasma *Cutting*

Plasma *Cutting* adalah proses yang memotong bahan konduktif listrik dengan menggunakan jet plasma panas yang dipercepat. Bahan khas yang dipotong

dengan obor plasma termasuk baja, baja tahan karat, aluminium, kuningan dan tembaga, meskipun logam konduktif lainnya juga dapat dipotong. Pemotongan plasma sering digunakan di toko fabrikasi, perbaikan dan restorasi otomotif, konstruksi industri, dan operasi penyelamatan dan pengikisan. Karena kecepatan tinggi dan pemotongan presisi dikombinasikan dengan biaya rendah, pemotongan plasma melihat penggunaan luas dari aplikasi CNC industri skala besar hingga produksi skala kecil.



Gambar 2.4 Plasma Cutting
(Sumber : Telah Diolah)

- Rangka (*Frame*)

Frame merupakan struktur rangka yang menghubungkan seluruh bagian dan komponen, sehingga *frame* harus stabil dan mampu meminimalisir getaran yang diakibatkan oleh Plasma serta berfungsi sebagai rangka untuk setiap komponen mekanikal dapat saling bekerja seperti yang diinginkan. Pada umumnya material yang digunakan adalah high steel, aluminium, stainless steel atau carbon steel.

Pembuatan rangka pada *CNC Plasma Cutting* adalah *material* Aluminium Profil 40 x 40. Alasan memilih Aluminium profil 40 x40 adalah kerana bahan aluminium adalah bahan yang ringan dan mudah ketika proses *assembly*.

Berdasarkan hasil rancangan, untuk pemilihan material yang digunakan dalam proses produksi material yang digunakan dalam proses produksi didasarkan kepada ketersediaan pasar yang tinggi. Selain itu pemilihan material juga didasarkan pada beban dan kebutuhan yang bekerja pada bagian mesin. *Material* yang dipilih adalah *material* aluminium profil 6063-T5 dengan ukuran 40 x 40 mm.



Gambar 2.5 Rangka Aluminium
(Sumber : Telah Diolah)

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik Aluminium profil 6063-T5

<i>Property</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Elastic Modulus</i>	6900	N/mm ²
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33	N/A
<i>Shear Modulus</i>	25800	N/mm ²
<i>Mass Density</i>	2700	Kg/m ³
<i>Compressive Strength</i>	185	N/mm ²
<i>Tensile Strength</i>	145	N/mm ²
<i>Thermal Expansion Coefficient</i>	2.34e-05	/K
<i>Thermal Conductivity</i>	209	W/(m.K)
<i>Specific Heat</i>	900	J/(m.K)

(Sumber: *Properties Solidwork 2017*)

- *Power Supply*

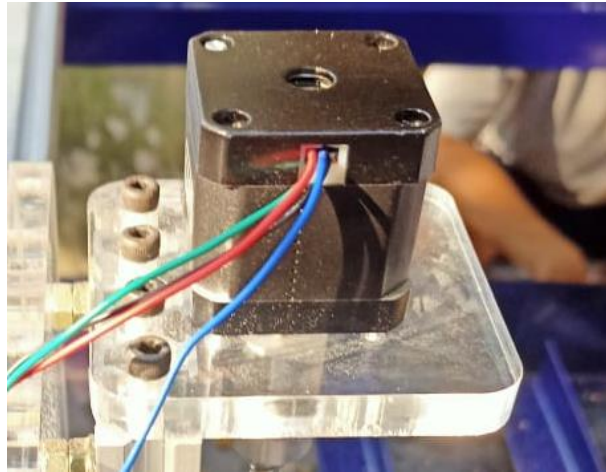
Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya *Power Supply* atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya. Oleh karena itu, *Power Supply* kadang-kadang disebut juga dengan istilah *Electric Power Converter*. *Power supply* digunakan sebagai penyedia utama daya tengangan DC bagi *CNC Controller*, *Motor Stepper*. Fungsi *power supply* adalah untuk mengubah tegangan AC menjadi DC.



Gambar 2.6 Power Supply
(Sumber : Telah Diolah)

- Motor *Stepper*

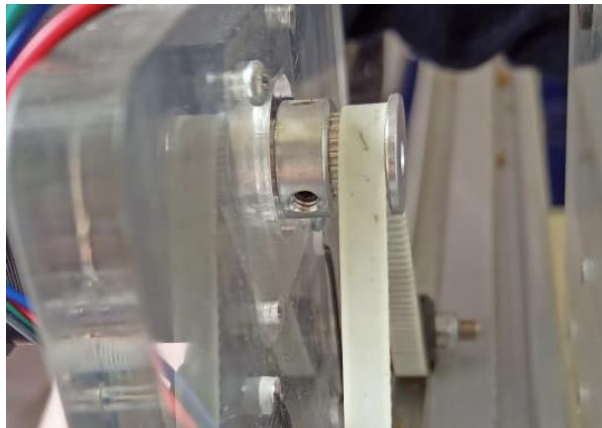
Motor *Stepper* adalah jenis motor yang putarannya berdasarkan langkah (*step*) diskrit. *Input* pada motor *stepper* berasal dari pulsa-pulsa digital, berbeda dengan motor DC konvensional yang bekerja berdasarkan komutasi pada komponen *brush* (sikat) nya. *Step* yang mengendalikan motor berasal dari konstruksi kumparan yang disusun menjadi beberapa kelompok yang disebut fase. Motor dapat berputar apabila diberikan energi pada fase secara berurutan. Motor *Stepper* mengubah sinyal-sinyal listrik menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor *Stepper* bergerak dalam langkah (*step*) secara teratur. Anda dapat mengendalikan langkah pada motor menggunakan mikrokontroler maupun rangkaian digital. Torsi dari motor *Stepper* tidak sebesar motor DC. Namun, motor jenis ini memiliki tingkat presisi yang tinggi dalam putarannya. Kecepatan gerak pada *stepper* dinyatakan dalam *step per second* atau jumlah step per detik.



Gambar 2.7 Motor Stepper
(Sumber : Telah Diolah)

- *Pulley dan Timing Belt*

Pulley dan Timing Belt dipakai sebagai manipulator gerak dari putaran motor. *Timing Pulley* memperlambat kecepatan dari putaran motor dan menaikkan torsi putarnya, sehingga bisa mendapatkan kekuatan menjalankan atau menggerakkan struktur mesin



Gambar 2.8 *Pulley dan Timing Belt*
(Sumber : Telah Diolah)

- *Coupling 5 to 8*

Coupling 5 to 8 adalah alat yang berfungsi sebagai penghubung antara Motor Stepper dan jungka *Lead Screw*. Fungsi lain dari *Coupling* ini adalah sebagai

penerus putaran antara Motor *Stepper* dan *Lead Screw* dan juga dengan tujuan untuk mentransmisikan daya mekanis.

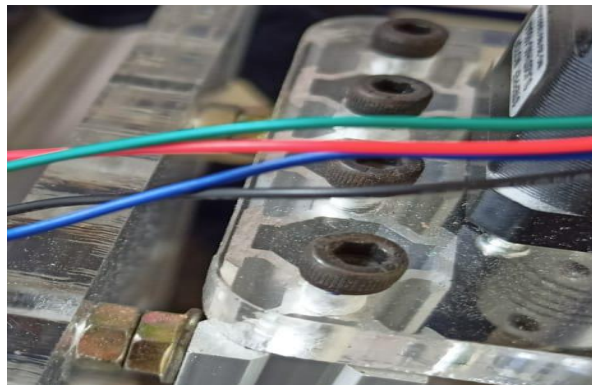


Gambar 2.9 *Coupling 5 to 8*

(Sumber : Telah Diolah)

- **Baut dan Mur**

Baut dan Mur digunakan untuk mengikat dan menyatukan rangka pada *CNC Plasma Cutting*. Baut yang dipakai pada perancangan *CNC Plasma Cutting* ini disesuaikan agar sesuai dan juga kuat untuk mengikat rangka pada *CNC Plasma Cutting*.



Gambar 2.10 **Baut dan Mur**

(Sumber : Telah Diolah)

- **Gusset**

Gusset digunakan untuk menyatukan kerangka (Frame) pada *CNC Plasma Cutting*. Gusset ini berbentuk siku 90° yang memiliki dua lubang sebagai pengikat pada Frame dan terbuat dari bahan aluminium.



Gambar 2.11 Gusset
(Sumber : Telah Diolah)

- *Lead Screw*

Lead Screw adalah komponen yang berfungsi untuk mengubah gerakan rotasi menjadi transversal karena *Lead Screw* memiliki ulir. Prinsip kerja *Lead Screw* sama seperti mur dan baut. Pada pembuatan *CNC Plasma Cutting* kali ini *Lead Screw* digunakan sebagai penggerak turun naik pada torch yang terletak pada sumbu Y pada *CNC Plasma Cutting*.



Gambar 2.12 *Lead Screw*
(Sumber : Telah Diolah)

- Kompresor

Kompresor udara adalah mesin atau alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan atau memampatkan udara. Kompresor udara biasanya menggunakan motor listrik, mesin diesel atau mesin bensin sebagai tenaga penggeraknya. Fungsi kompresor pada mesin *CNC Plasma Cutting* adalah

sebagai pemasok tekanan udara pada mesin plasma agar mesin plasma bisa melakukan proses pemotongan benda kerja.



Gambar 2.13 Kompresor
(Sumber : Telah Diolah)

- Komputer

Komputer adalah atau pusat dari keseluruhan sistem. Mesin *CNC* saat ini bisa dirakit langsung dari dekstop komputer maupun PC laptop sendiri. Sistem komunikasi bisa menggunakan port USB. Pengolahan data bahasa berupa *G-CODE* dilakukan oleh komputer, setelah itu diteruskan melalui port USB berupa perintah atau sinyal gerak untuk motor. *Software CNC* yang bisa digunakan ada bermacam macam, pada penelitian ini menggunakan *software* GRBL dengan *platform* OS Windows, Arduino IDE dan Matlab.



Gambar 2.14 Komputer
(Sumber : Telah Diolah)

b. Parameter Permesinan

Parameter permesinan pada *CNC Plasma Cutting* yang bisa untuk menjadi dasar untuk pengambilan data penelitian pada *CNC Plasma Cutting*. Parameter permesinan pada *CNC Plasma Cutting* adalah sebagai berikut:

- Kecepatan Potong (*Cutting Speed*)
Kecepatan Potong atau *Cutting Speed* adalah gerak pemakanan *Torch* plasma yang dinyatakan dalam mm/menit.
- Tekanan Udara Kompresor (*Air Pressure*)
Tekanan udara atau *Air Pressure* adalah nilai dari besaran udara yang di suplai dari kompresor ke plasma *cutting* yang dinyatakan dalam Mpa.
- Kuat Arus (*Ampere*)
Kuat arus atau Ampere adalah salah satu parameter yang ada pada *CNC Plasma Cutting* yang bisa diatur pada mesin Plasma *Cutting*, berapa besaran Kuat Arus (*Ampere*) yang akan digunakan pada proses pemotongan.

2.6 Solidwork

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 menginterpresentasikan *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 McEleney 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.

Untuk pemodelan pada industri pengecoran logam dalam hal pembuatan *pattern* nya, program-program 3-D seperti ini sangat membantu sebab akan memudahkan operator *pattern* untuk menerjemahkan gambar menjadi *pattern /model casting* pengecoran logam dan tentunya akan mengurangi kesalahan pembacaan gambar yang bisa mengakibatkan salah bentuk. Untuk industri permesinan selain dihasilkan gambar kerja untuk pengerjaan mesin manual juga hasil geometri dari SolidWorks ini bisa langsung diproses lagi dengan CAM program semisal Mastercam, Solidcam, Visualmill dll. Untuk membuat G Code yang dipakai untuk menjalankan proses permesinan automatic dengan CNC.

Solidwork 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 *Solidwork* relatif lebih mudah dan lebih cepat. *Solidwork* memiliki keunggulan sendiri dibandingkan dengan *software* yang telah biasa digunakan. Beberapa aplikasi yang terdapat di *Solidwork* 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* solidwork dapat mempermudah dalam merancang sebuah gambar 3-D (Suraj. dkk., 2013).