

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Kajian Pustaka

Hasil komparasi beberapa informasi pustaka terkait dengan perancangan dan analisis struktur statis pada meja CNC plasma *cutting* menggunakan *Solidworks* disarikan pada tabel 2.1 dengan penjelasannya sebagai berikut.

Rahman dkk (2019) dalam penelitian mengenai desain dan manufaktur mesin CNC plasma 3 sumbu PT. Bangun Mesin Sejahtera, pemotongan plasma otomatis adalah proses yang efektif untuk memotong logam dua dimensi yang kompleks dalam waktu singkat. Pengadaan mesin CNC plasma untuk pelaku UMKM pada bidang industri pengolahan pemotongan logam masih tergolong sulit dikarenakan harga yang mahal. Aplikasi DFMA diterapkan dalam menentukan keputusan desain rangka mesin. Desain rangka mesin yang dipilih adalah profil baja dengan material JIS G3466 SKTR490 75mm x 75mm x 2mm dengan tegangan ijin $\sigma_i = 162,5\text{Mpa}$, sedangkan tegangan bending maksimum $\sigma_b = 132,83\text{Mpa}$. Selisih hasil analisis perhitungan manual dengan simulasi ANSYS untuk tegangan bending maksimum dan faktor keamanan adalah 0,75Mpa dan 0,018. Proses manufaktur yang telah selesai dilakukan menghasilkan mesin CNC plasma yang sesuai standar. Desain rangka dari proses perancangan ini telah mencapai standar keamanan untuk menampung beban total dari kapasitas pemotongan pelat baja setebal 10mm. Sistem mekanisme gerakan 3 sumbu yang dirancang juga memenuhi standar keamanan yang telah ditentukan dalam dunia teknik.

Bhingardeve dkk (2016) dalam penelitian mengenai *static structural analysis of 3 axis CNC machine table using finite element analysis*, Meja mesin CNC 3 sumbu berbentuk persegi panjang terletak sebagai alas yang mendukung perlengkapan & proses permesinan benda kerja. Bagian atas meja dibuat secara akurat dan Tslots disediakan untuk menjepit benda kerja dan perlengkapan peralatan lainnya yang berada di atasnya. Meja yang dipasang pada mesin menerima gaya vertikal dari benda kerja. Dalam beberapa dekade terakhir, Analisis Elemen Hingga (FEM) telah dikembangkan untuk pemodelan dan simulasi berbagai sistem teknik. Ide dasar

dalam FEM adalah mencari solusi dari masalah yang rumit dengan cara yang relatif mudah. Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah fisik yang diatur oleh persamaan diferensial. Dalam Metode Elemen Hingga, solusi dihasilkan dengan menganalisis banyak sub wilayah kecil yang disebut elemen hingga.

Irfan (2019) dalam penelitian mengenai perancangan CNC plasma *cutting* menggunakan software *Autodesk Inventor 2015*, Permasalahan dalam penggunaan mesin plasma cutting yang umum terjadi yaitu masih dikontrol menggunakan tangan manusia serta belum dilengkapi peralatan penggerak. Faktor tersebut mengakibatkan kinerja mesin plasma cutting saat pemotongan belum maksimal dan untuk gerakannya tidak stabil serta kurang dalam kepresisian. Pengembangan mesin plasma cutting merupakan solusi yang dapat diterapkan agar hasil pemotongan dapat lebih maksimal, berdasarkan permasalahan yang terdapat pada mesin plasma cutting serta melakukan studi pustaka dari berbagai sumber maka dilakukan perancangan CNC plasma cutting. Perancangan tersebut akan menggunakan rangka penggerak oleh karena itu perlu adanya analisis faktor keamanan untuk mengetahui apakah rangka aman digunakan atau tidak. Pembuatan CNC plasma cutting akan menghasilkan gambaran spesifikasi dari produk tersebut yang nantinya sebagai acuan dalam penggunaan, pemasaran ataupun pengembangan selanjutnya.

Cahyono (2017) dalam penelitian mengenai rancang bangun meja mesin plasma cutting dengan Gerak 3 Axis x, y, z menggunakan motor stepper berbasis arduino, Plasma cutting adalah proses yang digunakan untuk memotong baja atau logam. Dalam proses pemotongan pelat, gas yang terkandung dalam udara yang dikompresi (78% nitrogen, 21% oksigen, 1% argon) ditiup dengan kecepatan tinggi keluar dari nozzel, pada waktu yang sama busur listrik terbentuk melalui gas dari nozzel ke permukaan yang dipotong, kemudian mengubah sebagian dari udara menjadi plasma. Plasma memiliki panas yang cukup untuk melelehkan logam yang dipotong dan mampu bergerak dengan cepat untuk mencairkan logam dari bagian yang dipotong.

Hendrawan dan Ariyanto (2020) dalam penelitian mengenai rancang bangun mesin CNC Router 3 Axis berbantu perangkat lunak *Autodesk Inventor 2015*, Pada

pengujian rangka meja mesin router, dirancang dan dianalisis kekuatannya dengan memberikan beban pada keempat bagian pada meja sebesar 40 N, 50 N, dan 60 N. Selanjutnya menentukan constrain dilakukan dengan acuan posisi dari tumpuan yang ada pada produk desain yang telah di modelkan. Constrain dapat berupa fixed constraints, pin constraints, dan friction constraints. Hal yang mempengaruhi laju kepresisian gerak mesin adalah pelat rel yang lurus tidak bergelombang dan roda luncur yang terikat kuat dengan pelat rel. Dudukan alas meja yang tidak rata mempengaruhi kerataan pemakanan proses cutting dan kualitas produk.

Chan dkk (2019) dalam penelitian mengenai *design and structural analysis of 3 axis CNC milling machine table*, Suatu benda kerja diletakkan di atas meja mesin. Meja mesin harus cukup kuat dan harus memiliki sifat mekanik yang baik, untuk mendapatkan hasil yang baik dan akurat. Analisis elemen hingga (FEA) memberikan studi metodis tentang prinsip kegagalan yang membantu perkembangan proses perancangan dari meja mesin 3 sumbu. Analisis Statis dilakukan pada meja mesin untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan meja, deformasi meja karena beratnya.

Naldy dkk (2019) dalam penelitian mengenai perancangan dan analisis struktur mekanik prototipe mesin CNC milling 3-Axis, adanya perbedaan antara perhitungan manual dengan analisa elemen hingga. Perbedaan ini dapat dilihat disemua elemen yang dianalisis. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai momen inersia pada perhitungan manual dengan analisis elemen hingga. Pada perhitungan manual, pelat dianggap solid dan dianggap tidak ada lubang-lubang kecil untuk baut sehingga nilai momen inersianya akan lebih besar dari analisis elemen hingga yang analisisnya menggunakan kondisi sebenarnya dari pelat. Perbedaan hasil perhitungan juga disebabkan oleh pembulatan nilai desimal yang dilakukan pada perhitungan manual, sehingga hasil perhitungannya tidak begitu akurat.

Tabel 2.1 Komparasi Kajian Pustaka

DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2019	Achmad Zaki Rahman, Teguh Sentiko Prabowo, Putu Mahayana Santika	Desain dan Manufaktur Mesin CNC Plasma 3 Sumbu PT. Bangun Mesin Sejahtera	<p>Desain rangka dari proses perancangan ini telah mencapai standar keamanan untuk menampung beban total dari kapasitas pemotongan pelat baja setebal 10mm. Sistem mekanisme gerakan 3 sumbu yang dirancang juga memenuhi standar keamanan yang telah ditentukan dalam dunia teknik. Desain rangka ulang memiliki nilai <i>index</i> perakitan yang lebih tinggi yaitu 4,375%. Beban total rangka mesin, $P_{total} = 6889,106N$. Pada perancangan rangka mesin CNC <i>plasma</i> ini, dipilih menggunakan material JIS G 3466 <i>Grade</i> SKTR490. Material ini dipilih karena ketersediannya yang mudah diperoleh di pasaran. Besarnya tegangan tarik maksimum (σ_u) = 490 Mpa, sementara tegangan izin (σ_i) = 325 Mpa. Bentuk profil yang dipilih adalah 75mm x 75mm x 2mm. Dari segi kekuatan rangka mesin dapat dipastikan bahwa rancangan ini memenuhi standar. Dimana ketika dilakukan pemeriksaan yang diperoleh dari perbandingan tegangan ijin material dengan tegangan yang terjadi pada rangka yaitu $\sigma_i = 325 \text{ Mpa} > \sigma_{total} = 132,83 \text{ Mpa}$. Selain perhitungan menggunakan persamaan yang berlaku,</p>

DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			<p>analisis juga dilakukan menggunakan metode elemen hingga menggunakan software ANSYS. Dari perbandingan hasil analisis manual dengan menggunakan <i>software</i> diperoleh perbandingan yang sangat kecil yaitu 0,785 Mpa untuk tegangan yang terjadi dan 0,018 untuk faktor keamanan. Hal ini mengindikasikan tingkat akurasi analisis yang baik melalui kedua metode tersebut. Selanjutnya secara keseluruhan penelitian ini berhasil merancang sekaligus memproduksi mesin CNC plasma 3 sumbu. Proses manufaktur yang telah dilakukan menghasilkan mesin CNC plasma yang sudah dioperasikan dengan baik untuk proses pemotongan pelat baja.</p>
2016	Parag R. Bhingardeve, Rajani T. More, Sujit S. Malgave	<i>Static Structural Analysis Of 3 Axis CNC Machine Table Using Finite Element Analysis</i>	<p>Dari makalah ini kami menyimpulkan bahwa deformasi material <i>Grade 50</i> adalah 44.16% lebih kecil dari <i>Grade 20</i> dan 31.91% kurang dari material <i>Grade 30</i>. Tegangan setara yang dihasilkan di <i>Grade 50</i> kurang dari dua material lainnya. Dari hasil ini diamati bahwa material <i>Grade 50</i> paling cocok untuk meja mesin di pemuatan statis karena sifat materialnya dan deformasi yang lebih sedikit.</p>

DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2019	Saiful Irfan	Perancangan CNC Plasma <i>Cutting</i> menggunakan Software Autodesk Inventor 2015	Hasil simulasi <i>safety factor</i> pada software Autodesk Inventor 2015 menghasilkan angka minimum yaitu 4,23 yang terletak pada bagian sambungan, angka keamanan tersebut tidak kurang dari 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa rangka penggerak CNC plasma <i>cutting</i> dikategorikan aman. Berdasarkan hasil uji potong menunjukkan bahwa rata-rata selisih pengukuran adalah 0,16 mm dengan penyimpangan maksimum 0,3 mm angka penyimpangan tersebut tidak melebihi 0,5 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa CNC plasma <i>cutting</i> layak digunakan.

DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2017	Endi Cahyono	Rancang Bangun Meja Mesin Plasma Cutting Dengan Gerak 3 Axis x, y, z Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino	Dari perhitungan didapat torsi dan daya terbesar untuk menggerakkan meja mesin <i>plasma cutting</i> , yaitu sebesar $T = 0,0148 \text{ N.m}$, $P = 0,464 \text{ watt}$. Dari tersebut dapat dipilih motor 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 <i>stepper</i> karena harga relatif terjangkau dibandingkan dengan motor <i>servo</i> . Kami memilih jenis ulir penggerak metrik karena mudah didapatkan dipasaran dan sering gunakan untuk membuat mesin CNC maupun 3D printer. Ulir yang dipilih memiliki diameter M8 dan pitch 2 mm, sehingga ketelitian yang didapat dari <i>pitch</i> 2 mm dan <i>step angle</i> dari motor <i>stepper</i> adalah 1,80 per pulsa adalah 0,01 mm/pulsa.
2020	Andre Budhi Hendrawan, Nur Aidi Ariyanto	Rancang Bangun Mesin CNC Router 3 Axis Berbantu Perangkat Lunak Autodesk Inventor 2015	Pada proses perancangan mesin CNC <i>router</i> sebaiknya pengambilan data dengan mengukur dimensi ukuran secara detail komponen yang akan dipasang sehingga ketika proses <i>assembly</i> akan lebih mudah dan sesuai dengan ukuran yang komponen yang telah dibuat. Hal yang mempengaruhi laju kepresisian gerak mesin adalah pelat rel yang lurus tidak bergelombang dan roda luncur yang terikat kuat dengan pelat rel. Dudukan alas meja yang tidak rata mempengaruhi kerataan

DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
			<p>pemakanan proses <i>cutting</i> dan kualitas produk. Untuk besi hollo akan mengalami ledutan ketika ada pembebanan 70 kg di tengah. Yang diperbolehkan ledutannya terjadi hanya 3 mm sedangkan dalam simulasi tersebut kita dapatkan <i>Displacement</i> sebesar 0,0117139 mm, artinya masih diperbolehkan atau diterima oleh kriteria AISC (<i>American Institute of Steel Construction</i>).</p> <p>Tegangan tarik didapatkan - 0,387386 Mpa dengan arah minus, padahal yang diperbolehkan adalah 0,40597 Mpa, jadi masih OK. Tegangan tekan didapatkan -2,21859 Mpa, padahal yang diperbolehkan adalah 0,40597 Mpa, jadi masih OK. <i>Safety factor</i> didapatkan 15 ul, padahal yang dikategorikan konstruksi aman adalah diatas 1 ul maka untuk material tersebut dikategorikan aman.</p>

DATA SUMBER JURNAL PROPOSAL			
Tahun	Nama Peneliti	Judul	Kesimpulan
2019	Nyein Chan, Than Zaw Oo, Aung Myo San Hlaing	<i>Design and Structural Analysis of 3 Axis CNC Milling Machine Table</i>	Total Deformasi <i>Gray Cast Iron</i> kurang dari ANSI 1045 Steel tetapi lebih besar dari ANSI 304 (<i>Mild Steel</i>). <i>Equivalent Stress</i> , Ketegangan Elastis, dan <i>Maximum Principal Stress</i> masing-masing adalah 0,02789, 4,985e-7 dan 0,0070949. Jadi, untuk Meja Mesin CNC, <i>Grey Cast Iron</i> lebih dapat diandalkan daripada bahan lainnya.
2019	Devri Naldy, Syafri, Mustafa Akbar	Perancangan dan Analisis Struktur Mekanik Prototipe Mesin CNC Milling 3-Axis	Dari hasil analisis tegangan dan deformasi didapatkan kesimpulan bahwa konsep rancangan masih dalam batas aman yang diijinkan dalam pemodelan beban seperti yang ditetapkan.

Dari *literature review* di atas, dengan tujuan untuk mencari *referensi* perancangan dan analisis struktur statis pada meja CNC plasma *cutting* menggunakan *Solidworks*, maka yang membedakan penelitian yang akan dilakukan ini antara lain:

- a. *Software*, dalam penelitian ini menggunakan *software Solidworks 2019*.
- b. Objek yang digunakan, objek yang digunakan dalam penelitian yaitu meja CNC plasma *cutting*.
- c. Desain, berupa desain yang digunakan pada saat penelitian.
- d. Analisa, dalam penelitian ini untuk menganalisis struktur statis meja CNC plasma *cutting* menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)* pada *Autodesk Inventor*.

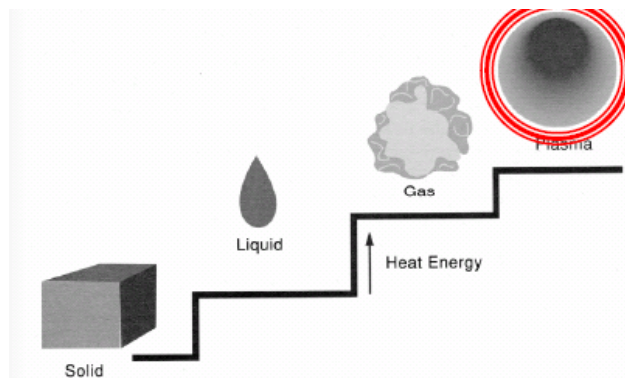
1.2 *Computer Numerical Control (CNC)*

Numerical Control / NC (berarti “kontrol numerik”) merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan di media penyimpanan sesuai standar ISO, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan cam. Kata NC sendiri adalah singkatan dalam bahasa Inggris dari kata *Numerical Control* yang artinya Kontrol Numerik. Mesin NC pertama diciptakan pertama kali pada tahun 40-an dan 50-an, dengan memodifikasi mesin perkakas biasa. Dalam hal ini mesin perkakas biasa ditambahkan dengan motor yang akan menggerakkan pengontrol mengikuti titik-titik yang dimasukkan ke dalam sistem oleh perekam kertas. Mesin perpaduan antara servo motor dan mekanis ini segera digantikan dengan sistem analog dan kemudian komputer digital, menciptakan mesin perkakas modern yang disebut mesin CNC (*Computer Numerical Control*) yang dikemudian hari telah berevolusi proses desain (Sandri, 2017).

CNC diterapkan secara luas dalam bidang teknik mesin, terutama dalam bidang industri maupun dunia pendidikan, tipe mesin yang digunakan diantaranya CNC router, lathe, plasma *cutter* dan 3D printer (Amri dan Sumbodo, 2018). CNC mempunyai berbagai jenis pemrograman yang digunakan, namun yang paling sering digunakan adalah pemrograman absolut dan inkremental. Pemrograman absolut dikenal juga sebagai sistem pemrograman mutlak, dalam prinsipnya titik acuan yang digunakan selalu tetap atau tidak pernah berubah, kelebihan dari pemrograman ini adalah jika terjadi kesalahan dalam mengkoreksi lebih mudah. Pemrograman inkremental merupakan jenis pemrograman yang titik acuannya selalu berubah, yaitu mengacu pada titik akhir dari suatu pengukuran, titik akhir suatu lintasan merupakan titik awal untuk pengukuran lintasan berikutnya (Amri dan Sumbodo, 2018).

1.3 Plasma Cutting

Plasma *cutting* adalah proses yang digunakan untuk memotong baja atau logam. Dalam proses pemotongan pelat, gas yang terkandung dalam udara yang dikompresi (78% nitrogen, 21% oksigen, 1% argon) ditiup dengan kecepatan tinggi keluar dari *nozzel*, pada waktu yang sama busur listrik terbentuk melalui gas dari *nozzel* ke permukaan yang dipotong, kemudian mengubah sebagian dari udara menjadi plasma. Plasma memiliki panas yang cukup untuk melelehkan logam yang dipotong dan mampu bergerak dengan cepat untuk mencairkan logam dari bagian yang dipotong. Proses plasma cutting diawali dengan udara yang terionisasi menjadi plasma dengan memanipulasi proses elektrik. Proses manipulasi yang terjadi adalah saat benda kerja memiliki muatan positif (+) mengikat muatan negatif (-) yang dimiliki oleh *torch*, sehingga terjadi proses ketidakstabilan pada ion. Pada saat proses ketidakstabilan yang terjadi pada ion, udara di sekitar antara benda kerja dan torch berubah menjadi plasma (Cahyono, 2017).



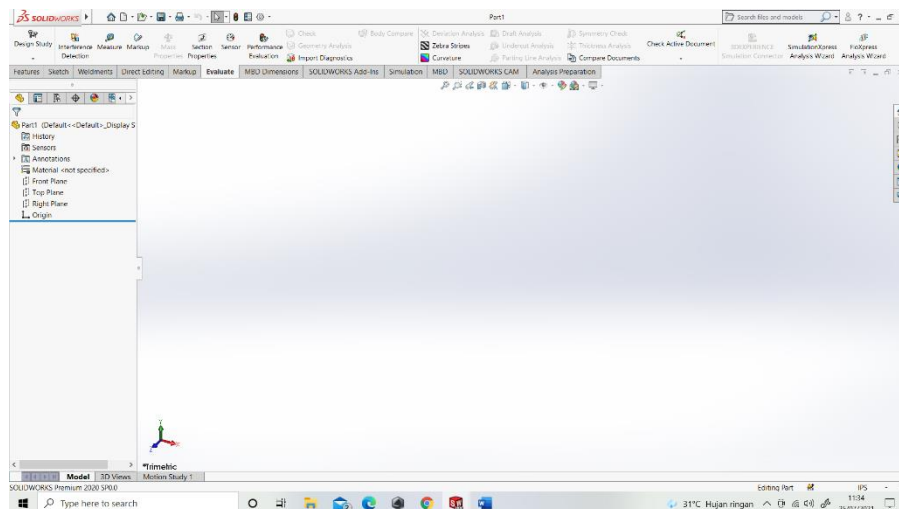
Gambar 2.1 Tingkatan Fase Molekul pada Air dalam Beberapa Kondisi
(Sumber: Akhmad, 2009)

1.4 Software Solidworks

Software Solidworks adalah salah satu CAD software. CAD adalah program komputer untuk mendesain, menggantikan gambar desain di kertas Desain yang dimuat dapat berupa gambar 2D atau objek 3D di komputer. Penggunaan *solidworks* digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan part sebelum real part nya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan.

SolidWorks diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program CAD seperti Pro / ENGINEER, NX Siemens, I-Deas, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodeks AutoCAD dan CATIA. Dengan harga yang lebih murah. SolidWorks Corporation didirikan pada tahun 1993 oleh Jon Hirschtick, dengan merekrut tim insinyur untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di Concord, Massachusetts, dan merilis produk pertama, SolidWorks 95, pada tahun 1995. Pada tahun 1997 Dassault Systèmes, yang terkenal dengan CATIA CAD software, mengakuisisi perusahaan dan sekarang ini memiliki 100% dari saham SolidWorks. SolidWorks dipimpin oleh John McEloney dari tahun 2001 hingga Juli 2007, dan sekarang dipimpin oleh Jeff Ray. Saat ini banyak industri manufaktur yang sudah memakai software ini, menurut informasi WIKI, SolidWorks saat ini digunakan oleh lebih dari 3 / 4 juta insinyur dan desainer di lebih dari 80.000 perusahaan di seluruh dunia.

Aplikasi ini sangat berguna untuk analisis FEA dari menganalisis tekanan (*stress*) pada sebuah benda, benturan (*impact*), panas (*heat*), aliran udara (*air flow*) dan masih banyak lagi.



Gambar 2.2 Software Solidworks

1.5 Quality Function Deployment (QFD)

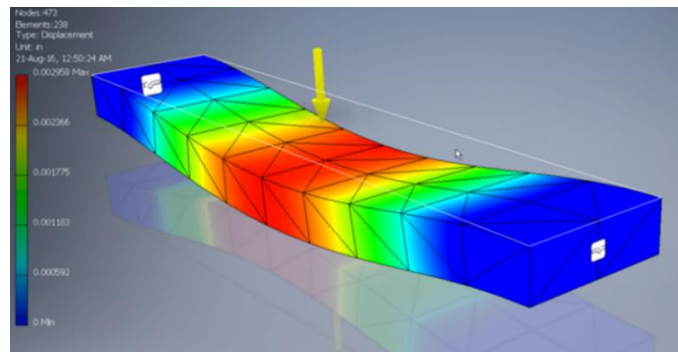
Quality Function Deployment (QFD) merupakan pendekatan sistematik yang menentukan tuntutan atau permintaan konsumen kemudian menterjemahkan tuntutan tersebut secara akurat kedalam teknis, manufacturing, dan perencanaan produksi yang tepat. Metode QFD akan berjalan jika pelaksanaan tahapan metode tersebut dilaksanakan dengan baik. Tahapan utama yang harus diterapkan dalam melaksanakan metode QFD adalah penjaminan kualitas produk dan jasa, penilaian konsumen terhadap produk dan jasa, pembuatan angket kebutuhan konsumen, survei konsumen, penyusunan daftar periksa serta pembuatan matrik *House of Quality* (HOQ).

	Tingkat	Technical Descriptor (Rows)					GOAL TARGET	BAJID PERUBAHAN	TTR. AJAL	DAU WEDDIT	NORMALIZED DAU WEDDIT
		penyediaan buku-buku sekolah	Programas dan materi	Programas online di sekolah	Penambahan dan perbaikan sekolah	Perbaikan guru					
Pemanfaatan bengkel penunjang pembelajaran	4					●	4	1.078	15	6.648	0.073
Pemenuhan kebutuhan laboratorium pada	4		●				4	1.066	15	6.329	0.07
Pemenuhan kebutuhan Rencana pengembangan sekolah pada siswa	4	●	○	●			4	1.078	15	6.648	0.073
Ketersediaan ruang belajar yang sesuai kebutuhan	4	●					4	1.031	15	6.196	0.068
Kelengkapan perencanaan sekolah masa mendatang	3	●	○	○	△	○	4	0.857	12	3.082	0.033
Kualitas pelayanan yang diberikan tim pelaksana	4	●			●		4	1.066	15	6.336	0.07
Kualitas output yang terjamin	3				●	●	4	0.9	12	3.24	0.035
Ketersediaan biaya dengan pemenuhan kebutuhan	4	●					4	1.066	15	6.336	0.07
Ketersediaan kelengkapan penunjang visi sekolah	3				●		4	0.311	12	3.273	0.036
Ketersediaan ruang belajar bagi siswa	3		○			●	4	1.031	15	3.24	0.035
Kelengkapan sarana di sekolah	4				●	△	4	1.196	15	6.636	0.074
Kebersihan sekolah	4		○	△			4	1.031	15	6.545	0.072
Tingkat Permintaan siswa	4				●		4	0.888	15	3.197	0.035
Penilaian kualitas visi dan misi sekolah	3				●		4	1.03	15	6.615	0.073
Pemenuhan kebutuhan guru pada siswa	3				●	○	4	0.888	12	3.197	0.035
Kelengkapan gedung dan bengkel	4					●	4	1.066	15	6.336	0.07
Ketangggapan anggota komite sekolah dalam pelay	3	○	●				4	0.323	12	3.322	0.036
Pangling		4	3	1	1	6	5	2			

Gambar 2.3 Matrik *House Of Quality*
(Sumber: Wicaksono, 2013)

1.6 Analisis Struktur menggunakan *Solidworks*

Stress Analysis merupakan salah satu alat pengujian struktur pada *Solidworks* yang dilakukan dengan menerapkan konsep Finite Element Analysis (FEA). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen – elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh software, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. (Saddam dkk.,2013)



Gambar 2.4 Simulasi *Stress Analysis* pada *Beam*
(Sumber: Saddam dkk., 2013)

2.7 Teori Tegangan-Regangan Umum

Dendy dkk (2015: 36) mendefinisikan tegangan adalah jika sebuah benda elastis ditarik oleh suatu gaya, benda tersebut akan mengalami pertambahan panjang sampai ukuran tertentu sebanding dengan gaya yang diterima, yang berarti jika ada sejumlah gaya yang bekerja pada setiap satuan panjang benda, maka tegangan adalah besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas penampang. Jika sebuah batang tegar yang dipengaruhi gaya tarik F ke kanan dan gaya yang sama tetapi berlawanan arah ke kiri, maka gaya-gaya ini akan didistribusi secara uniform ke luas penampang batang. Perbandingan gaya F terhadap luas penampang A dinamakan tegangan tarik (Souisa,2011)

Secara umum rumus tegangan yang terjadi pada luas penampang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

dengan:

- σ : Tegangan atau gaya persatuan luas (N/mm^2)
- F : Gaya yang diberikan (N)
- A : Luas Penampang (m^2)

Perubahan pada ukuran sebuah benda karena gaya gaya atau kopel dalam kesetimbangan dibandingkan dengan ukuran semula disebut regangan. Regangan juga disebut derajat deformasi, (Sarojo, 2002:321). Untuk memperoleh satuan regangan, maka dilakukan dengan membagi perpanjangan dengan panjang yang

telah diukur (Singer dan Pytel dalam Fuad, 2015: 11), kemudian dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L} \quad (2.2)$$

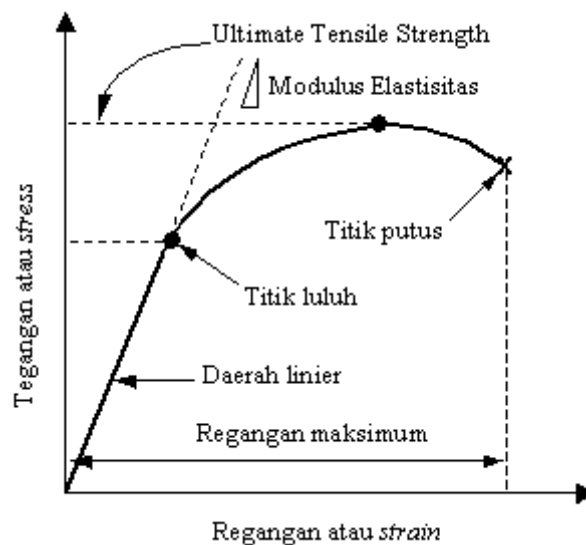
dengan :

ε : Regangan

δ : Perubahan bentuk aksial total (mm)

L : Panjang batang (mm)

Hubungan antara tegangan-regangan dapat digambarkan pada kurva hubungan tegangan-regangan seperti pada gambar



Gambar 2.5 Kurva Hubungan Tegangan-Regangan
(Sumber: www.alatuji.com)

Terlihat pada kurva terdapat titik *yield stress* atau tegangan luluh dari suatu bahan yang merupakan tegangan minimum ketika suatu material kehilangan sifat elastisitasnya. Seperti pada kurva. Jika dilanjutkan material akan mengalami perubahan bentuk secara permanen atau pada kondisi tersebut, spesimen memasuki daerah deformasi plastis. Pada daerah deformasi plastis, regangan tidak dapat sepenuhnya hilang meskipun dengan menghilangkan gaya yang bekerja. Kemudian

jika diteruskan kurva akan mencapai tegangan maksimum-nya atau *ultimate stress*. Setelah melawati tegangan maksimum-nya material tersebut jika penarikan material tersebut berlanjut maka material akan putus/patah seperti digambarkan.