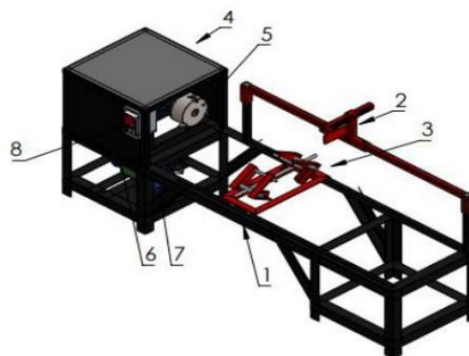


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Arika & Setiawan (2023) mengenai rancang bangun mesin pemotong pipa dengan las oxy acetylene menggunakan metode penelitian yang melibatkan tahap perencanaan, perancangan, pembuatan, uji coba, serta analisis hasil. Proses desain alat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak desain untuk menetapkan ukuran dan komponen penyusun mesin. Tahap pengujian mengikuti standar operasional prosedur (SOP) dan memperhatikan aspek kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Uji coba dilakukan dengan memotong pipa besi berdiameter 4,5 inchi, 3,5 inchi, dan 3 inchi dengan ketebalan 4 mm dan panjang 500 mm sebanyak 15 kali percobaan, menggunakan nyala api karburasi, jarak nozzle 5 mm dari permukaan pipa, serta kecepatan putaran motor AC sebesar 5,8 Hz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mampu menghasilkan potongan pipa yang rata, halus, dan lurus dengan waktu pemotongan sekitar 32 detik serta toleransi potongan ± 3 mm. Meskipun hasilnya baik, terdapat bekas lelehan logam pada bagian dalam pipa yang merupakan hal normal dan dapat dibersihkan dengan palu besi. Kelemahan dari penelitian ini adalah masih adanya bekas lelehan logam yang harus dibersihkan secara manual, serta toleransi potongan yang sebesar ± 3 mm masih perlu diperbaiki agar sesuai dengan standar presisi yang lebih tinggi.



Gambar 2. 1 Mesin Pencoak Pipa Multi Dimensi

Penelitian yang dilakukan oleh Pujono & Pamuji (2020) mengenai rancang bangun mesin pemotong pipa dengan pergerakan torch otomatis menggunakan

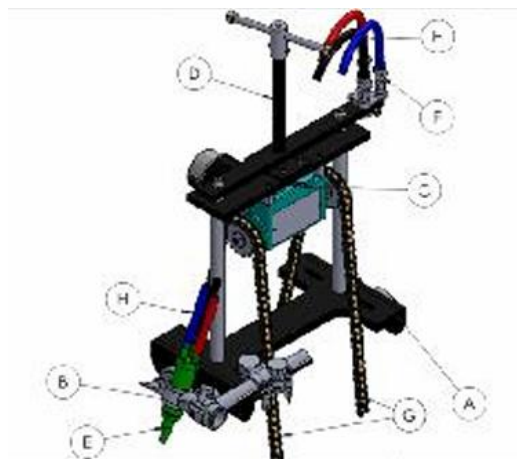
plasma cutting. Metode penelitian ini mencakup tahapan perencanaan, pengkonsepan, perancangan detail, dan penyelesaian yang diikuti dengan pembuatan serta pengujian alat. Dalam proses perancangan digunakan perangkat lunak SolidWorks untuk menghasilkan desain rangka mesin. Pengujian mesin menunjukkan bahwa hasil potongan terbaik diperoleh pada pipa dengan ketebalan 8 mm dan kecepatan putaran 10 rpm, menghasilkan potongan yang rapi dan halus tanpa alur potong yang berundak. Kelemahan dari penelitian ini adalah masih perlu adanya perlindungan tambahan pada kabel plasma cutting agar tidak terkena panas selama proses pemotongan, yang dapat menjadi potensi masalah operasional. Selain itu, meskipun mesin mampu memotong pipa dengan hasil yang baik pada ketebalan tertentu, efektivitas dan kualitas pemotongan pada variasi ukuran dan ketebalan pipa lainnya belum diuji dan didokumentasikan. Proses perancangan yang kompleks dan banyaknya part yang diperlukan untuk pembuatan mesin juga menunjukkan kebutuhan waktu dan sumber daya yang cukup besar, yang bisa menjadi kendala pada implementasi di skala industri kecil.



Gambar 2. 2 Mesin Plasma Cutting

Penelitian yang dilakukan oleh Rasuna et al. (2017) berfokus pada perancangan mesin pemotong pipa dengan metode thermal cutting berbasis rantai dan roda gigi. Metode penelitian ini bersifat eksperimental yang meliputi tahapan desain menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2015 untuk membuat gambar sketsa dan detail drawing dengan dimensi yang telah dihitung, fabrikasi alat menggunakan alat dan bahan yang tersedia, serta pengujian hasil pemotongan pada pipa berdiameter 10 inch dengan ketebalan 10 mm. Pengujian dilakukan dengan

variasi sudut bevel pemotongan (0° , 45° , dan 60°). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemotongan tegak lurus dan sudut 45° menghasilkan simpangan panjang rata-rata pipa yang kecil, yaitu sekitar 1 mm, dengan alur potong yang halus dan rapi. Sebaliknya, pemotongan dengan sudut 60° menunjukkan hasil yang kurang halus, kemungkinan disebabkan oleh penyetelan gas yang masih manual. Mesin yang dirancang memiliki daya listrik rendah (30 watt), bersifat portable dengan berat sekitar 15 kg, dan mampu memotong pipa dengan diameter 4 hingga 24 inch. Kelemahan dari penelitian ini adalah kurangnya kehalusan pada hasil pemotongan sudut 60° yang disinyalir akibat ketidaktepatan penyetelan gas secara manual, sehingga mempengaruhi kualitas hasil potongan. Selain itu, mesin ini belum diujikan secara luas pada variasi material pipa dan ketebalan di luar parameter yang diuji sehingga performa mesin dalam kondisi berbeda perlu dikaji lebih lanjut.



Gambar 2. 3 Mesin Pemotong Pipa

Penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan & Sakti (2021) dengan judul “*Rancang Bangun Alat Pemotong Benda Silindris Berbasis Oxy-Acetylene*” bertujuan untuk merancang sebuah alat pemotong yang mampu memotong pipa atau benda silindris dengan lebih presisi dan efisien dibandingkan metode manual. Peneliti menggunakan metode *rancang bangun* yang meliputi tahap identifikasi kebutuhan alat, penentuan konsep desain, pemilihan material, perhitungan daya torsi motor, pembuatan gambar dimensi, proses manufaktur, hingga *assembly*. Alat ini dirancang menggunakan motor DC *Wiper* 12V dengan torsi 124,672 kg.mm, sistem transmisi rantai *single speed* dan *gear torpedo*, dilengkapi *PWM* sebagai

kontrol kecepatan, serta *toggle switch* untuk gerakan *CW/CCW*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ini mampu memutar benda kerja berupa pipa dengan diameter 2–2,5 inci secara stabil tanpa terjadi *sliding*, pada kecepatan konstan 0,6 RPM. Selain itu, penggunaan metode *oxy-acetylene* terbukti memberikan hasil potongan yang lebih rapi dan presisi dibandingkan pemotongan dengan gerinda atau gergaji. Namun, penelitian ini juga memiliki kelemahan, antara lain adanya deformasi pada poros *long drat* yang menyebabkan putaran tidak sepenuhnya sempurna, serta kelemahan pada sistem transmisi rantai yang berpotensi *lose* saat perubahan arah gerak. Oleh karena itu, peneliti menyarankan perbaikan dengan menambahkan roll tambahan, meningkatkan kepresisian poros, dan mempertimbangkan penggunaan roda gigi helix atau lurus untuk mengoptimalkan kinerja sistem transmisi.



Gambar 2. 4 Alat Pemotong Benda Silindris

Penelitian yang dilakukan oleh Salam (2021) dalam membuat mesin pemotong kontur pipa semi otomatis dengan metode thermal cutting berbasis gas asetilen. Metode yang digunakan meliputi perancangan mekanik menggunakan perangkat lunak Solidworks, pembuatan mal kontur pipa dengan sudut 60° dan 90°, serta pengujian pemotongan pada berbagai schedule pipa (10s, 20s, dan 40s) dengan variasi jarak pemotongan (5 mm, 7 mm, dan 10 mm) pada pipa diameter 4 inch. Pengujian dilakukan dengan kecepatan potong tetap 280 mm/menit dan tekanan gas asetilen 3,5 mm/menit serta oksigen 17,5 mm/menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak pemotongan 5 mm pada semua schedule pipa menghasilkan hasil potongan terbaik, dengan kualitas permukaan yang relatif halus dan sedikit retakan. Namun, semakin besar jarak pemotongan, ditemukan peningkatan jumlah retakan

dan sisa pemotongan yang kurang rapi, yang disebabkan oleh pengaruh pemanasan berlebih, jarak torch yang kurang optimal terhadap permukaan pipa, dan kecepatan potong yang terlalu tinggi. Kelemahan dari penelitian ini antara lain terletak pada ketergantungan pada pengaturan manual tekanan gas dan jarak pemotongan yang masih dapat menimbulkan ketidakseragaman hasil potongan, seperti lengkungan pada tepi atas, menetesnya cairan logam, serta penempelan terak yang cukup banyak sehingga hasil pemotongan tidak selalu bersih dan harus dibersihkan secara manual menggunakan palu. Selain itu, ada masalah mekanis seperti perbedaan putaran antara pipa dan mal yang menyebabkan pola pemotongan tidak sempurna, yang akibatnya mengurangi presisi kontur pipa hasil potongan.



Gambar 2. 5 Alat Pemotong Pipa Otomatis

Tabel 2. 1 Gap Analisis

Peneliti & Tahun	Tujuan	Hasil	Kelemahan	Gap Penelitian
Arika & Setiawan (2023)	Merancang mesin pemotong pipa dengan las oxy acetylene.	Mampu memotong pipa 3–4,5 inch, hasil rata & halus, waktu 32 detik, toleransi ± 3 mm.	Masih ada lelehan logam yang harus dibersihkan manual; toleransi potong masih ± 3 mm.	Presisi belum tinggi; otomatisasi pembersihan hasil potongan belum tersedia.

Pujono & Pamuji (2020)	Merancang mesin pemotong pipa dengan pergerakan torch otomatis berbasis plasma cutting.	Hasil potongan terbaik pada pipa tebal 8 mm, kecepatan 10 rpm, rapi dan halus.	Perlindungan kabel plasma kurang; hanya diuji pada ukuran terbatas; butuh banyak part & waktu pembuatan.	Efektivitas pada variasi pipa lain belum diuji; perlu efisiensi desain untuk skala industri kecil.
Rasuna et al. (2017)	Merancang mesin pemotong pipa metode thermal cutting berbasis rantai dan roda gigi.	Mampu memotong pipa 4–24 inch; hasil terbaik pada potong tegak lurus & 45° dengan simpangan 1 mm.	Pemotongan 60° kurang halus akibat penyetelan gas manual; belum diuji pada variasi material lain.	Kontrol gas perlu otomatisasi; pengujian lebih luas pada material & ketebalan berbeda.
Ramadhan & Sakti (2021)	Merancang alat pemotong benda silindris berbasis oxy-acetylene.	Mampu memutar pipa Ø 2–2,5 inci stabil (0,6 RPM), hasil lebih presisi dibanding manual.	Deformasi pada poros, transmisi rantai kurang stabil (slip saat arah balik).	Perlu perbaikan sistem transmisi & material poros agar lebih stabil dan presisi.
Hadi Salam (2021)	Merancang mesin pemotong kontur pipa semi otomatis berbasis gas asetilen.	Pemotongan terbaik pada jarak 5 mm dengan hasil halus; jarak lebih besar menimbulkan retakan & terak.	Pengaturan gas & jarak masih manual; hasil potongan tidak selalu bersih; masalah mekanis perbedaan putaran pipa & mal.	Perlu sistem kontrol otomatis jarak torch & tekanan gas; sinkronisasi putaran pipa & mal harus ditingkatkan.

Dari penelitian terdahulu serta *gap* yang ada maka dibuatlah Rancang Bangun Alat Bantu Potong Pipa Untuk Penyambungan Pipa Dengan Metode *Tee Fitting*. Alat ini dirancang untuk dapat melakukan pemotongan pipa dengan akurat.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sambungan Tee (*Tee Fitting*)

Sambungan Tee adalah jenis sambungan yang berbentuk seperti huruf T yang berfungsi untuk percabangan pipa, baik untuk mengombinasikan maupun membagi aliran. Ada dua jenis sambungan tee, yaitu equal tee dan reducing tee. Equal tee yang artinya “sama” atau “setara” dapat menyambungkan pipa dengan ukuran yang sama. Sedangkan, Reducing tee adalah fitting pipa berbentuk T dengan outlet yang memotong 90° ke jalur utama. Sesuai dengan namanya, reducer fitting berfungsi untuk mengurangi aliran. Reducer dipakai untuk menyambungkan pipa yang berbeda ukuran. Ada dua jenis reducer, yaitu eccentric dan concentric reducer. Concentric reducer adalah jenis reducer yang mempunyai satu garis tengah dan satu titik pusat. Sedangkan, eccentric reducer, yaitu jenis reducer yang mempunyai perbedaan di garis tengah. Jadi, bisa dikatakan concentric reducer mempunyai keseimbangan yang baik dan eccentric reducer tidak mempunyai keseimbangan yang baik (Maulana, 2023).



Gambar 2. 6 Sambungan Tee

2.2.2 Las Oxy-Acetylene

Pemotong pipa dengan Las *Oxy-Acetylene* adalah memotong pipa dengan menggunakan panas yang dihasilkan dari pembakaran reaksi kimia berupa gas.

Proses memotong pipa besi dengan gas adalah dengan cara memanaskan logam sampai mendekati titik cair. Perangkat perbengkelan las karbit digunakan untuk memotong dan menyambung benda kerja yang terbuat dari logam. Las *Oxy-Acetylene* memiliki 2 tabung yang terdiri dari tabung gas oksigen dan tabung *acetylene*. Tabung Oksigen berisi gas oksigen (O_2). Gas oksigen ini digunakan untuk campuran gas karbit pada proses penyalaan api las. Banyak sedikit penggunaan gas oksigen ini akan berpengaruh pada suhu pembakaran. Bila gas oksigen ini lebih sedikit dari pada gas karbit maka akan berakibat suhu pembakarannya rendah. Tabung gas *Acetylene* atau karbit berisi gas asetelin (C_2H_2) (Alfaizt et al., 2021).



Gambar 2. 7 Las Oxy Acetylene

2.2.3 Motor Stepper

Motor *stepper* adalah jenis motor yang berputar dengan langkah-langkah tertentu. Motor *stepper* banyak dipakai dalam industri, seperti dalam mesin CNC, lengan robot, pemindai, printer, dan juga alat pemotong pipa besi, karena kemampuan kontrolnya yang handal tanpa perlu umpan balik tertutup (closed-loop). Motor *stepper* sebenarnya adalah jenis motor DC yang tidak memiliki komutator, ia hanya memiliki kumparan pada bagian stator, sementara bagian rotornya terdiri dari magnet permanen. Karena konstruksinya seperti itu, motor *stepper* bisa dikendalikan untuk berputar sesuai keinginan, baik searah jarum jam maupun sebaliknya. Motor *stepper* dapat berputar dalam sudut/step yang bervariasi, tergantung pada jenis motor yang digunakan, dan ukuran stepnya bisa mencakup rentang $0,9^\circ$. Posisi putarannya juga relatif akurat dan stabil. Dengan variasi sudut

ini, pengendalian motor *stepper* menjadi lebih mudah tanpa perlu menggunakan umpan balik tertutup (*closed-loop*) untuk memantau posisinya (Putra, 2024).



Gambar 2. 8 Motor *Stepper*

2.2.4 *Driver Motor*

A4988 adalah driver microstepping. Motor driver ini dilengkapi dengan built in translator untuk memudahkan pengoperasian motor. Hal ini dirancang untuk pengoperasian stepper motor tipe bipolar pada saat penuh, setengah, seperempat, seperdelapan, dan seperenambelas dengan kapasitas drive output hingga 35 V dan $\pm 2A$. A4988 termasuk arus rendah yang memiliki kemampuan untuk beroperasi di saat cepat ataupun lambatnya mengaktifkan motor (Prasetyo et al., 2020).

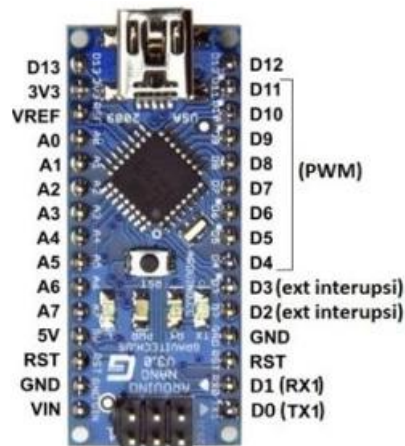


Gambar 2. 9 Driver Motor A4988

2.2.5 *Mikrokontroller*

Arduino Nano adalah salah satu varian dari produk board mikrokontroller keluaran *Arduino*. *Arduino Nano* adalah *board Arduino* terkecil, menggunakan mikrokontroller Atmega 328 untuk *Arduino Nano 3.x* dan Atmega168 untuk *Arduino Nano 2.x*. *Arduino Nano* tidak dilengkapi dengan soket catudaya, tetapi

terdapat pin untuk catu daya luar atau dapat menggunakan catu daya dari mini USB port (Arduino, 2019).



Gambar 2. 10 *Arduino Uno*

2.2.6 *Relay*

Relay adalah Saklar (switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen electromechanical (elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/switch). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan relay yang menggunakan elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan armature relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik samapai 220V 2A (Nurdayati dkk, 2021).



Gambar 2. 11 *Relay*

2.2.7 *Motor DC Linear*

Motor DC linear adalah jenis motor listrik yang menghasilkan gerakan linear secara langsung, berbeda dengan motor DC biasa yang menghasilkan gerakan

rotasi. Artinya alih-alih memutar poros, motor ini mendorong atau menarik beban maju-mundur sepanjang satu garis lurus. Motor ini sering disebut juga sebagai aktuator linear DC karena mampu mengubah energi listrik menjadi gerakan mekanik linear yang dapat digunakan untuk mendorong, menarik, atau mengangkat beban. Prinsip kerjanya didasarkan pada interaksi medan magnet dan arus listrik, di mana kumparan pada bagian bergerak motor menghasilkan gaya linear saat dialiri arus, dan gaya ini menyebabkan pergerakan maju atau mundur.



Gambar 2. 12 Motor DC Linear

2.2.8 Rumus Penyambungan Tee Pipa Dengan Diameter Sama Dan Sudut 90°

Langkah untuk membuat cabang tee pipa dengan sudut 90° dan diameter pipa yang sama dapat dilihat sebagai berikut:

1. Tentukan Nilai *Cut back* (area pipa yang harus dipotong). Rumus dasar *cut back* adalah : $(\text{diameter pipa} + \text{tebal pipa}) \times 2 \div 5$.
2. Contoh perhitungan pipa berdiameter 4 inch (101,6 mm) dan tebal pipa 5 mm. Jika dimasukkan ke dalam rumus *cut back* menjadi seperti ini $(101,6 + 10) \times 2 \div 5 = 44,64$ mm. Jadi, nilai *cut back* pada sudut 90° ialah 44,64 mm.
3. Selanjutnya menandai garis tengah sudut 90° berdasarkan nilai *cut back* dan membagi keliling pipa menjadi 8 atau 16 garis tengah dengan jarak yang sama. Jarak antar garis ditentukan dengan rumus sudut penuh pipa $\div 8$ atau sudut penuh pipa $\div 16$. Contoh $360^\circ \div 8 = 45^\circ$ atau $360^\circ \div 16 = 22,5^\circ$. Jadi jika menggunakan tanda 8 garis maka setiap garis berjarak 45° dan jika menggunakan tanda 16 garis maka setiap garis berjarak 22,5°. Pembagian keliling pipa dapat dilihat pada Gambar 2.13 dan Gambar 2.14.

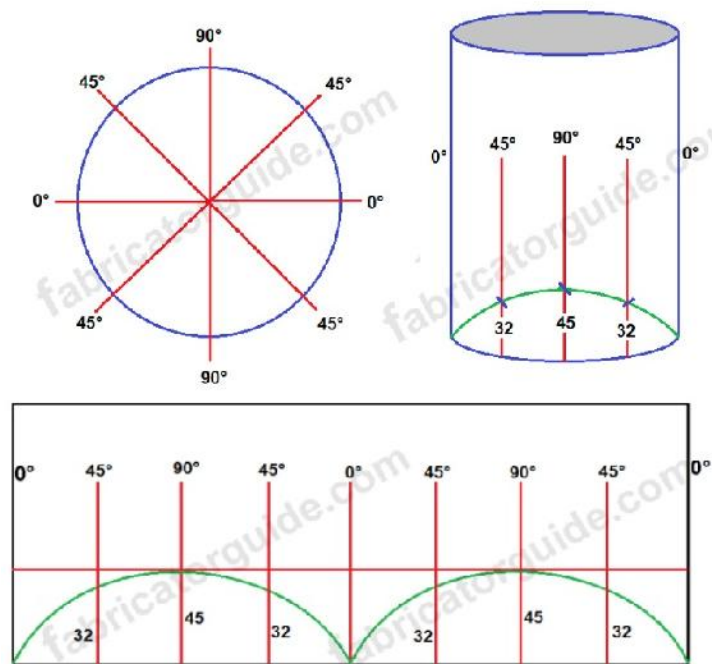
4. Dari pembagian keliling pipa dengan 8 garis dan 16 garis didapati 3 buah sudut yaitu 45° , $67,5^\circ$ dan $22,5^\circ$. Perhitungan *cut back* pada garis tengah dengan sudut tertentu menggunakan fungsi *trigonometri sinus* seperti berikut ini:

$$\text{Cut back } 45^\circ = \sin 45^\circ \times \text{cut back } 90^\circ = 0,707 \times 44,64 = 31,5.$$

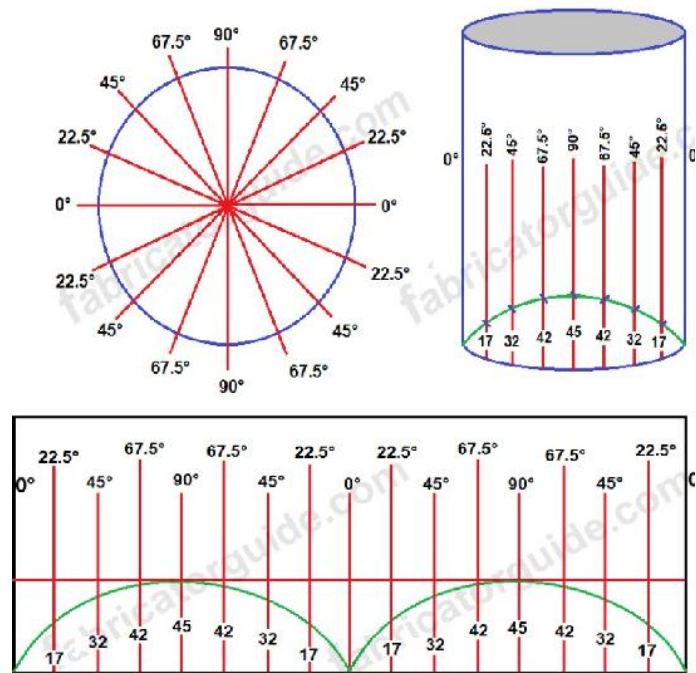
$$\text{Cut back } 67,5^\circ = \sin 67,5^\circ \times \text{cut back } 90^\circ = 0,9239 \times 44,64 = 41,2 \text{ mm.}$$

$$\text{Cut back } 22,5^\circ = \sin 22,5^\circ \times \text{cut back } 90^\circ = 0,3827 \times 44,64 = 17,08 \text{ mm.}$$

Hasil dari *cut back* setiap sudut dapat dilihat pada Gambar 2.13 dan Gambar 2.14.



Gambar 2. 13 pembagian keliling pipa 8 garis



Gambar 2. 14 pembagian keliling pipa 16 garis