



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI PENGELASAN *GAS METAL ARC WELDING*
(GMAW) PADA PIPA DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI *MACHINE VISION* DAN
JARINGAN SARAF TIRUAN**

SKRIPSI

Arif Gunawan

0706266922

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI PENGELASAN *GAS METAL ARC WELDING*
(GMAW) PADA PIPA DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI *MACHINE VISION* DAN
JARINGAN SARAF TIRUAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Arif Gunawan

0706266922

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.



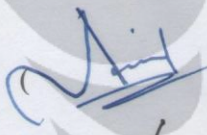
Nama : Arif Gunawan
NPM : 0706266922
Tanda Tangan : 
Tanggal : 25 Januari 2012

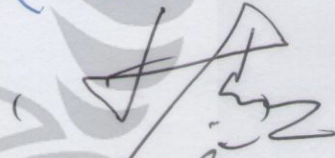
HALAMAN PENGESAHAN


Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Arif Gunawan
NPM : 0706266922
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Optimasi Pengelasan *Gas Metal Arc Welding*
(GMAW) Pada Pipa dengan Menggunakan
Teknologi *Machine Vision* dan Jaringan Saraf
Tiruan

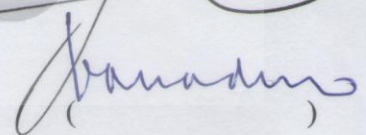
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ario Sunar Baskoro, ST., MT., M.Eng. 

Penguji : Ir. Hendri DS. Budiono, M.Eng. 

Penguji : Dr. Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng. 

Penguji : Dr. Ir. Danardono AS., DEA 

Ditetapkan di : Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Tanggal : 25 Januari 2012

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kepada Allah Azza wa Jalla, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ibunda Chamidah dan Ayahanda Jumaidin tercinta yang selalu memberikan dukungan doa, moral, dan material yang tidak ternilai. Serta Embo Fatiyah dan Bapak Hasan Basuni, sekaligus semua keluarga di Pekalongan, Semarang, Lontar, Surabaya, dan Madura.
- (2) Istri dan anakku tercinta Husnul Hotimah dan Shadria Azkiya yang senantiasa menginspirasi, semangat, doa, moral dan dorongan luar biasa.
- (3) Siti Patihatun Nasyiroh, Khadofal Arif, Mas Adit, Mba Mumun, Ratna, Rizky, Kholifah selaku kakak, dan adik saya yang telah memberikan bantuan dukungan doa dan pandangan ilmu yang berguna.
- (4) Bapak Dr. Ario Sunar Baskoro, ST., MT., M.Eng. selaku pembimbing yang telah memberikan ide, gagasan serta bimbingan sehingga penelitian dan penulisan ini dapat diselesaikan dengan baik.
- (5) Bapak Ir. Hendri DS. Budiono, M.Eng., Dr.Ir. Gandjar Kiswanto, M.Eng., Dr.Ir. Danardono AS., DEA selaku para dewan penguji untuk koreksi dan sarannya sehingga penyelesaian penelitian dan penulisan ini lebih baik.
- (6) Mas Dani, Pak Erwanto, Pak Teguh dan Pak Dzaky yang telah berbagi ilmu, tenaga, pikiran, dan pengadaan hardware yang berguna dalam penelitian ini.
- (7) Guru dan Sahabatku satu visi impian: dr. Edu, Pak Ramos, Pak Awi, Pak Ryan, Pak Gumilang, Pak Dzaky, Pak Yusmilan, Pak Fadhil, Pak Adhyt, Pak Iqbal, Pak Dhofal, Pak Ashraf, dan banyak lainnya atas dukungan dan kesempatan yang diberikan untuk penelitian dan penulisan ini.

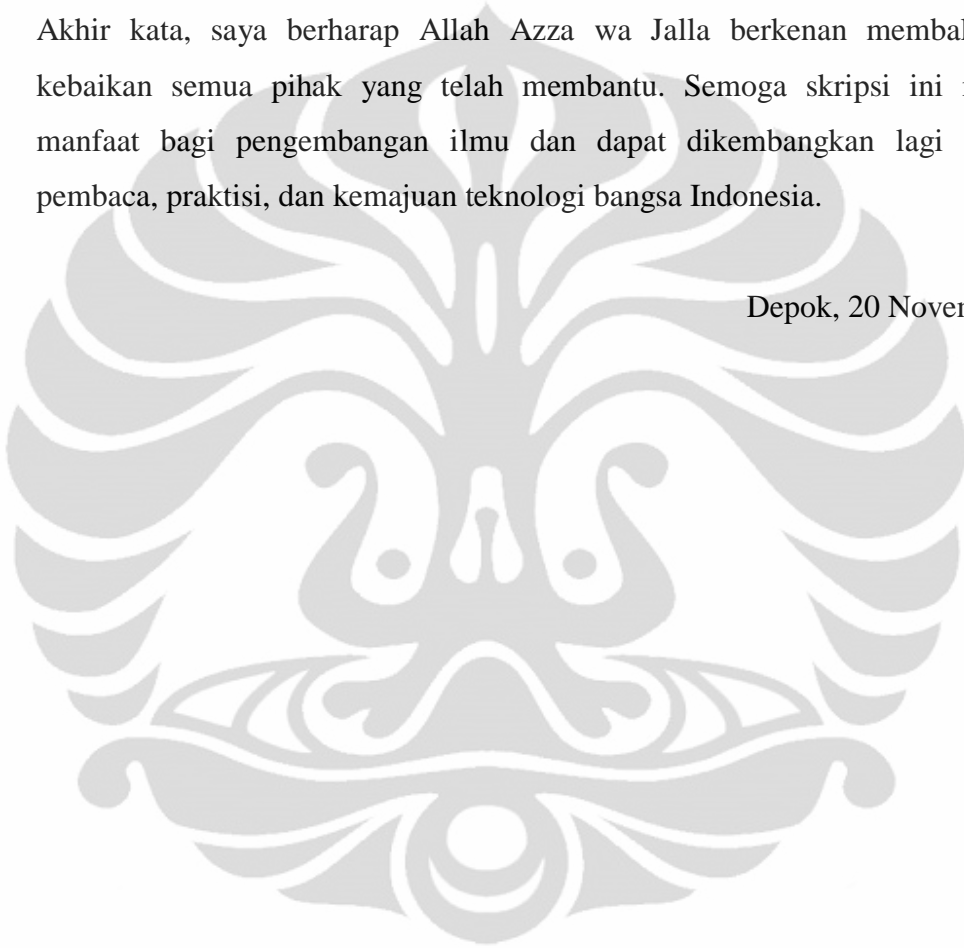
(8) Sahabatku satu perjuangan: Pak Anton, Pak Frisman, Pak Dede, Pak Jediel, Pak Fahmi, Pak Jabbar, Pak Lucky, Pak Ricky, Pak Arya, Pak Tripang dan rekan-rekan Mesin 2007 yang telah banyak membantu doa dan pandangan ilmu yang berguna dalam penelitian ini.

(9) Para petani, nelayan, pedagang, teknorat, dokter, pahlawan, dan segala pihak yang telah memberikan jasanya untuk keberlangsungan hidup saya.

Akhir kata, saya berharap Allah Azza wa Jalla berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu dan dapat dikembangkan lagi oleh para pembaca, praktisi, dan kemajuan teknologi bangsa Indonesia.

Depok, 20 November 2011

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arif Gunawan

NPM : 0706266922

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**OPTIMASI PENGELASAN GAS METAL ARC WELDING (GMAW) PADA
PIPA DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MACHINE VISION DAN
JARINGAN SARAF TIRUAN**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 25 Januari 2012

Yang menyatakan



(Arif Gunawan)

vi

Universitas Indonesia

ABSTRAK

Nama : Arif Gunawan
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : Optimasi Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) Pada Pipa dengan Menggunakan Teknologi *Machine Vision* dan Jaringan Saraf Tiruan

Pertumbuhan nilai produksi industri pipa dan sambungan (pengelasan) pipa dari Baja dan Besi pada tahun 2008 mengalami kenaikan pada tiap triwulannya hingga di akhir tahun mencapai Rp 1.113.795.291,00. Demikian juga pada tahun 2009 mengalami kenaikan tiap triwulannya. Pengelasan adalah proses fabrikasi atau pembentukan yang menyatukan material logam atau termoplastik. Inspeksi *defect* merupakan hal yang sangat vital dalam proses pengelasan. Manusia harus berusaha keras dan memang sulit untuk melakukan tugas ini. Hal ini terjadi karena visual manusia hanya mampu menangkap 60% s.d. 75% dari ketelitian *defect* yang ada.

Penelitian ini mengembangkan suatu peralatan otomatis berbasis *Machine Vision* yang dapat membantu dalam proses pengelasan GMAW. Material pipa baja lunak JIS S45C, proses las GMAW arus DC dengan kecepatan kawat pengisi konstan, teknologi *Machine Vision* menggunakan kamera *Charge Couple Device* (CCD) memonitor perubahan tebal manik menjadi Input-nya, besarnya kecepatan robot bergerak secara orbital sebagai Output-nya. Metode jaringan saraf tiruan digunakan dalam proses kontrol kecepatan tersebut.

Hasil dari pengamatan dan pengujian adalah modifikasi perangkat dengan gear rasio 1 : 2 berhasil meredam suara hentakan gear dan rel jalur las yang terjadi pada penelitian sebelumnya. Selama pengujian kecepatan yang terjadi lebih stabil. Lebar manik las yang diukur secara aktual dan pencitraan memiliki nilai rata-rata error -0.30 mm. Optimasi lebar dengan *modeling* jaringan saraf tiruan mencapai rata-rata error 0.005 mm. Hasil simulasi pengelasan dengan jaringan saraf tiruan didapatkan nilai rata-rata errornya mencapai 0.45 mm dari target lebar 4.5 mm.

Kata kunci:

Kontrol kecepatan, GMAW, manik las, *defect*, *Machine Vision*, Jaringan saraf.

ABSTRACT

Name : Arif Gunawan
Major : Mechanical Engineering
Title : Gas Metal Arc Welding (GMAW) Optimization in Pipes using
Machine Vision Technology and Artificial Neural Network

Growth in industrial production value and a welding pipe of Steel and Iron in 2008, an increase in each quarterly until the end of the year reached Rp 1,113,795,291.00 and in 2009 too. Welding is a fabrication process or the formation of a metal or thermoplastic material together. Defect inspection is very vital in the process of welding. Humans have to work hard and are difficult to perform this task. This happens because the human visual only able to capture 60% to 75% of the accuracy of existing defects.

This study developed a Machine Vision-based automated equipment that can assist GMAW welding process. Mild steel pipe material JIS S45C, DC current GMAW welding process with filler wire speed constant, Machine Vision teknologi using the camera Charge Couple Device (CCD) to monitor changes to a thick bead of his input, the magnitude of the orbital speed of the robot moves as its output. Artificial neural network methods used in the speed control process.

The results of observation and testing is a modification of the device with a gear ratio of 1: 2 managed to reduce the sound buffeting that occurred in previous studies. During the testing the speed was more stable. Weld bead width is measured using actual width and using image processing that had an average error -0.30 mm. Width optimization using artificial neural network modeling to achieve an average error 0.005 mm. Welding simulation with neural network modeling and controller achieves an average error of 0.45 mm.

Keywords:

Speed control, GMAW, weld beads, defects, Machine Vision, Neural networks.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	3
1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 PENGELASAN.....	5
2.1.1 Gas Metal Arc Welding (GMAW).....	5
2.2 DASAR MOTOR STEPPER	6
2.2.1 Motor Stepper Tipe <i>Variable Reluctance</i> (VR).....	7
2.2.2 Motor Stepper Tipe <i>Permanent Magnet</i> (PM).....	8
2.2.3 Motor Stepper Tipe <i>Hybrid</i> (HB).....	9
2.3 PENGOLAHAN CITRA (<i>IMAGE PROCESSING</i>).....	9
2.3.1 <i>Thresholding</i>	11
2.4 RODA GIGI	12
2.4.1 Berdasarkan posisi sumbu dari poros.....	13
2.4.2 Berdasarkan kecepatan roda gigi	14
2.4.3 Berdasarkan tipe transmisi	15
2.5 JARINGAN SARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK.....	17

2.5.1	Jaringan Saraf Biologi.....	17
2.5.2	Definisi Jaringan Saraf Tiruan	20
2.5.3	Bentuk dan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.....	23
2.5.4	Jaringan dengan banyak lapisan (<i>multilayer</i>).....	24
2.5.5	Fungsi Aktivasi	25
2.5.6	Input / Output Relasi	29
2.5.7	Proses Pembelajaran.....	30
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		32
3.1	STUDI LITERATUR	32
3.2	PERBAIKAN DESAIN PROTOTIPE	32
3.3	PENGUJIAN ALAT	32
3.3.1	Pembuatan Mekanisme Kontrol Putaran Motor Stepper	33
3.3.2	Pembuatan Perangkat Lunak Untuk Pencitraan.....	33
3.3.3	Kalibrasi Sistem	33
3.3.4	Pengujian Proses Pengelasan	33
3.4	Optimasi Pengelasan dengan Jaringan Saraf Tiruan	33
3.5	Simulasi Pengelasan <i>Feedback Controller</i>	34
BAB 4 PEMBAHASAN.....		36
4.1	HASIL PERBAIKAN PERANGKAT PROTOTIPE.....	36
4.2	ANALISIS STRESS STATIK	39
4.3	PROGRAM PENGONTROLAN PUTARAN MOTOR.....	42
4.3.1	Perangkat Keras	42
4.3.2	Kontrol Putaran Motor	45
4.4	DETEKSI CITRA	47
4.5	PENGUJIAN PENGELASAN	50
4.5.1	Pengujian Kontrol Kecepatan Pada Motor <i>Stepper</i>	50
4.5.2	Pengujian Sistem Prototipe Pengelasan Dengan Beban.....	50
4.5.3	Hasil Pengujian Pengelasan	51
4.5.4	Optimasi lebar dengan <i>Modeling</i> Jaringan Saraf Tiruan.....	56
4.5.5	Simulasi Pengelasan (<i>Feedback Controller</i>) dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan	61
BAB 5 PENUTUP.....		69
DAFTAR REFERENSI		70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengelasan GMAW [4].....	6
Gambar 2.2 Motor Stepper Bipolar dan Unipolar [5].....	7
Gambar 2.3 Penampang melintang dari motor stepper tipe <i>variable reluctance</i> (VR) [5].....	8
Gambar 2.4 Ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe <i>permanent magnet</i> (PM) [5].....	8
Gambar 2.5 Penampang melintang dari motor stepper tipe hybrid [5].....	9
Gambar 2.6 Citra Lena dan Citra Kapal [6].....	10
Gambar 2.7 (a) Citra nurung nuri yang agak gelap, (b) Citra burung yang telah diperbaiki kontrasnya sehingga terlihat jelas dan tajam.	11
Gambar 2.8 Contoh partisi histogram untuk memperoleh nilai <i>threshold</i> [7].	12
Gambar 2.9 Sistem Roda Gigi [8].....	13
Gambar 2.10 <i>Helical gear single</i> dan <i>Double</i> [8].....	13
Gambar 2.11 <i>Bevel Gear</i> [8].....	14
Gambar 2.12 <i>Spiral Gear</i> [8].....	14
Gambar 2.13 Transmisi Eksternal [8].....	15
Gambar 2.14 Transmisi Internal [8].....	16
Gambar 2.15 Rack dan Pinion [8].....	16
Gambar 2.16 <i>Neuron</i> Biologis.....	20
Gambar 2.17 <i>Neuron</i> Buatan.....	20
Gambar 2.18 Struktur Neuron Jaringan Saraf.....	22
Gambar 2.19 Neuron berinput tunggal [9].....	24
Gambar 2.20 Jaringan saraf multilayer [9].....	25
Gambar 2.21 <i>Hard Limit</i>	26
Gambar 2.22 <i>Threshold</i>	26
Gambar 2.23 Fungsi aktivasi bipolar (<i>Symetric Hard Limit</i>).....	27
Gambar 2.24 Fungsi aktivasi bipolar (<i>Threshold</i>).....	27
Gambar 3.1 Bagian prototipe yang diperbaiki yaitu gear dan penambahan tutup gear.....	32
Gambar 3.2 Sistem prototipe peralatan pengelasan GMAW.....	34
Gambar 4.1 Desain hasil perbaikan prototipe perangkat pengelasan.....	36
Gambar 4.2 Bagian Perangkat Pengelasan.....	37
Gambar 4.2 Prototipe perangkat pengelasan.....	38
Gambar 4.3 Spur Gear pada Prototipe Pengelasan.....	41
Gambar 4.4 Analisis stress tipe <i>displacement Spur Gear</i>	41
Gambar 4.5 MikroAVR 8535.....	43
Gambar 4.6 Driver motor DC <i>H-Bridge 5A</i>	43
Gambar 4.7 <i>Power Suplay</i>	44
Gambar 4.8 Skema perangkat keras kontrol putaran motor <i>stepper</i>	45
Gambar 4.8 Konsep model motor <i>stepper</i> bipolar.....	45
Gambar 4.9 <i>Interface Header (Datasheet Driver Motor H-Bridge</i> terlampir)	46
Gambar 4.10 Pemograman C untuk control motor <i>stepper</i>	47

Gambar 4.9 Preview program buatan untuk mengendalikan citra	48
Gambar 4.11 Hasil <i>Capture</i> dan <i>Threshold</i>	49
Gambar 4.12 Proses Scanning dan labeling	49
Gambar 4.13 Pengukuran lebar manik las	50
Gambar 4.14 Potongan Penampang Pipa pada penetrasi pengelasan [14].....	52
Gambar 4.15 Pengukuran Aktual lebar hasil pengelasan pada posisi 0^0 s.d. 360^0	53
Gambar 4.16 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 4.45 mm/s.....	53
Gambar 4.17 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 3.09 mm/s.....	54
Gambar 4.18 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 2.29 mm/s.....	54
Gambar 4.19 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 2.17 mm/s.....	55
Gambar 4.20 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 1.52 mm/s.....	55
Gambar 4.21 Skema <i>Modeling</i> Jaringan Saraf Tiruan	57
Gambar 4.22 Proses optimasi dengan jaringan saraf tiruan dengan 1 <i>hidden layer</i> (kiri) dan 2 <i>hidden layer</i> (kanan)	58
Gambar 4.23 Grafik <i>Mean Square Error</i>	59
Gambar 4.24 Grafik <i>Curve Fitting</i>	59
Gambar 4.25 Grafik Hasil Optimasi Lebar Aktual dengan Jaringan Saraf Tiruan	60
Gambar 4.26 Diagram <i>Feedback Controller</i> dengan jaringan saraf tiruan.....	61
Gambar 4.27 Grafik optimasi kecepatan pada setiap lebarnya di posisi sudut 12^0	63
Gambar 4.28 Skema Jaringan Saraf Tiruan ' <i>Modeling NN</i> '	64
Gambar 4.29 Skema Jaringan Saraf Tiruan ' <i>Controller NN</i> '	65
Gambar 4.30 Grafik perubahan lebar (Sumbu-y) terhadap sudut rotasi 0^0 s.d 360^0 (Sumbu-x)	66
Gambar 4.31 Grafik nilai kecepatan terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0^0 s.d 360^0 (Sumbu-x).....	66
Gambar 4.32 Grafik Perubahan kecepatan terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0^0 s.d 360^0 (Sumbu-x)	67
Gambar 4.33 Grafik nilai error terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0^0 s.d 360^0 (Sumbu-x)	67
Gambar 4.34 Grafik perubahan nilai error terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0^0 s.d 360^0 (Sumbu-x)	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pertumbuhan Nilai Produksi Pipa Dan Sambungan Pipa Dari Baja Dan Besi (Dalam Rupiah) [2]	2
Tabel 1.2 Pertumbuhan Nilai Produksi Industri Pipa Dan Sambungan Pipa Dari Logam Bukan Besi Dan Baja (Dalam Rupiah) [2]	2
Tabel 2.1 <i>Transfer Function</i> [11].....	29
Tabel 3.1 <i>FlowChart</i> Metode Penelitian.....	35
Tabel 4.1 Sifat Material dari dua buah spur gear	40
Tabel 4.2 Sifat Material Bearing BS 290 SKF.....	40
Tabel 4.3 Resume hasil analisis stress statik.....	41
Tabel 4.4 Urutan Data untuk Input ke Motor <i>Stepper</i> Bipolar berputar berlawanan arah jarum jam.....	46
Tabel 4.5 Hubungan delay dan waktu.....	47
Tabel 4.6 Variasi kecepatan dan jumlah gambar per step 4 ⁰ putaran	50
Tabel 4.7 Sifat Material dan Parameter Pengelasan [12].....	51
Tabel 4.8 Kalibrasi menggunakan delay 10 dan posisi 12 ⁰	51
Tabel 4.9 Standar <i>Face reinforcement</i> Berdasarkan Diameter Pipa [13]	53
Tabel 4.10 Nilai rata-rata dari hasil pengukuran.....	56
Tabel 4.11 Tabel Simulasi Uji Coba Pengelasan dengan Parameter Peubah	61
Tabel 4.12 Keterangan Diagram <i>Feedback Controller</i> [17].....	62
Tabel 4.13 Lebar kolam las (mm) berdasarkan kecepatan.....	62
Tabel 4.14 Optimasi kecepatan pada setiap lebar aktual	63
Tabel 4.15 Parameter Simulasi Pengelasan dengan Jaringan Saraf Tiruan	65
Tabel 4.16 Hasil Simulasi Pengelasan nilai rata-rata dan standar deviasi	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Kontrol Motor AVR bahasa C.....	72
Lampiran 2. Program Image Processing Visual C++.....	77
Lampiran 3. Tabel Hasil Pengukuran Lebar Manik Las dengan Pencitraan.....	116
Lampiran 4. Tabel Hasil Pengukuran Lebar Manik Las Aktual dan Citra/Vision.....	118
Lampiran 5. Tabel Data Original per 12^0 untuk Optimasi dengan <i>Modeling</i> Jaringan Saraf Tiruan.....	112
Lampiran 6. Tabel Hasil Normalisasi 0.1 s.d 0.9 untuk <i>Modeling</i> Jaringan Saraf Tiruan.....	126
Lampiran 7. Tabel Hasil Optimasi kecepatan berdasarkan lebar digunakan untuk Simulasi Pengelasan <i>Feedback Controller</i>	129
Lampiran 8. Tabel data untuk <i>Modelling</i> dan <i>Controller</i> dalam Simulasi Pengelasan <i>Feedback Controller</i>	135
Lampiran 9. Tabel Hasil Optimasi lebar manik las dengan <i>Modeling</i> Jaringan Saraf Tiruan.....	138
Lampiran 10. <i>Datasheet</i> Driver Motor untuk Motor <i>Stepper Bipolar</i>	142
Lampiran 11. Gambar skema <i>Mikro AVR 8535</i>	144
Lampiran 12. <i>Datasheet</i> Camera CCD.....	145
Lampiran 13. <i>Stress Analysis Spur Gear</i>	146
Lampiran 14. Program Simulasi Pengelasan dengan Jaringan Saraf Tiruan.	154
Lampiran 15. Gambar Teknik Perangkat Prototipe.....	159

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pengelasan adalah proses fabrikasi atau pembentukan yang menyatukan material logam atau termoplastik. Hal ini dilakukan dengan melelehkan benda kerja dan menambahkan bahan pengisi untuk membentuk kolam las yang mendingin menjadi manik las dan terjadi proses pengikatan antara dua material. Seperti penggunaan sambungan pipa yang pada umumnya digunakan untuk konstruksi gedung, pabrik, menara, jembatan, offshore, bangunan kapal, serta berbagai macam pipa saluran dan sistem perpipaan lainnya. Di antara elemen pipa serta simpul penyambungan pipa hampir semuanya dilakukan dengan pengelasan, dengan pertimbangan efisiensi proses dan keuntungan dibandingkan dengan proses penyambungan lain.

Inspeksi *defect* merupakan hal yang sangat vital dalam proses pengelasan. Manusia harus berusaha keras dan memang sulit untuk melakukan tugas ini. Hal ini terjadi karena visual manusia hanya mampu menangkap 60% s.d. 75% dari ketelitian *defect* yang ada [1].

Berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian yang dirangkum dalam Tabel 1.1 dibawah ini menunjukkan bahwa pertumbuhan nilai produksi industri pipa dan sambungan pipa dari Baja dan Besi pada tahun 2008 mengalami kenaikan pada tiap triwulannya hingga di akhir tahun mencapai Rp 1.113.795.291,00. Demikian pada tahun 2009 mengalami kenaikan juga tiap triwulannya. Ditunjukkan dari Tabel 1.2 bahwa pertumbuhan nilai produksi industri pipa dari logam bukan besi dan baja secara umum juga mengalami kenaikan pada tiap triwulannya baik pada tahun 2008 maupun 2009. Hal ini menunjukkan kebutuhan sambungan atau pengelasan pipa baik baja besi maupun non baja besi. [2].

Tabel 1.1 Pertumbuhan Nilai Produksi Pipa Dan Sambungan Pipa Dari Baja Dan Besi (Dalam Rupiah) [2]

Tahun	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Total
2008	169.943.978	216.527.403	204.860.559	522.463.351	1.113.795.291
2009	237.754.080	252.110.130			

Tabel 1.2 Pertumbuhan Nilai Produksi Industri Pipa Dan Sambungan Pipa Dari Logam Bukan Besi Dan Baja (Dalam Rupiah) [2]

Tahun	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Total
2008	980.466.605	450.271.983	426.010.607	842.413.014	2.699.162.209
2009	494.413.178	524.266.797			

Penerapan sistem pengelasan otomatis berbasis *Machine Vision* menjadi pilihan dengan memanfaatkan sistem sensor visual yang mengontrol kecepatan proses pengelasan juga meningkatkan efisiensi proses, kualitas hasil manik las dan waktu pengelasan.

Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan Prototipe Sistem Otomatis Pengelasan, namun masih terjadi *backlash* pada prosesnya karena tranmisi putaran langsung dari *gear* ke rel jalur las, dan pengontrolan kecepatan motor belum dilakukan, baik secara *modeling* maupun *realtime* [3]. Hal tersebut yang melatarbelakangi penelitan ini.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Inspeksi *defect* merupakan hal yang sangat vital dalam proses pengelasan. Manusia harus berusaha keras dan memang sulit untuk melakukan tugas ini. Hal ini terjadi karena visual manusia hanya mampu menangkap 60% s.d. 75% dari ketelitian *defect* yang ada [1].

Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan Prototipe Sistem Otomatis Pengelasan, namun masih terjadi *backlash* pada prosesnya karena tranmisi putaran langsung dari *spur gear* ke rel jalur las, dan pengontrolan kecepatan motor belum dilakukan, baik secara *modeling* maupun *realtime* [3].

Dari identifikasi permasalahan tersebut diatas maka dirumuskan permasalahan yaitu: “Bagaimana mendapatkan efektifitas waktu dan hasil yang baik pada prototipe pengelasan pipa GMAW dengan teknologi *Machine Vision* dan Jaringan Saraf Tiruan.”

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama penelitian ini adalah Pengujian, optimasi, dan simulasi mendapatkan efektifitas waktu dan hasil yang baik pada prototipe pengelasan GMAW berdasarkan keseragaman lebar manik las dengan *Machine Vision* dan Jaringan Saraf Tiruan.

Secara umum tujuan peneliian ini adalah rancangan robot/peralatan ini dapat diproduksi dengan harga yang terjangkau namun tetap memiliki tingkat efektifitas dan produktifitas yang tinggi sehingga dapat dimiliki oleh industri manufaktur di Indonesia. Sekaligus untuk melakukan analisis produk dan mengevaluasi proses pengelasan pipa sehingga dapat dihasilkan produk yang berkualitas, handal dan harga yang bersaing. Di samping Indonesia akan mengalami peningkatan penguasaan teknologi pengelasan pipa otomatis.

1.4 BATASAN MASALAH

Pembahasan terhadap penelitian yang dilakukan dibatasi pada masalah sebagai berikut:

- Pengelasan dilakukan hanya menggunakan proses *Gas Metal Arc Welding* (GMAW)
- Pengelasan dilakukan hanya menggunakan benda kerja pipa lunak berdiameter 4 inchi.
- Posisi pengelasan vertikal
- Belum dilakukan pengelasan dengan penetrasi
- Sistem pengujian dan observasi pengelasan dilakukan dengan eksperimen, permodelan dan simulasi, namun belum secara *real time*.

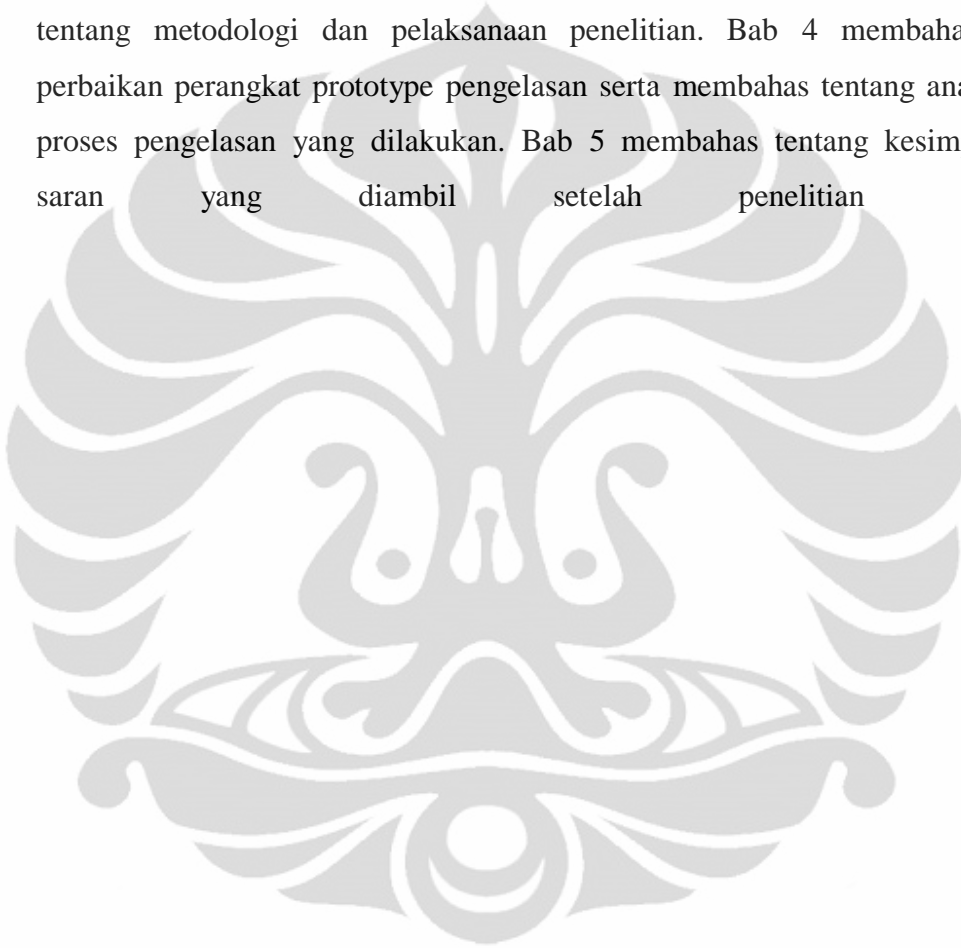
1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa metode yaitu studi literatur, modifikasi desain, eksperimen, modeling dan simulasi.

Universitas Indonesia

1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN

Sistematika penulisan skripsi ini adalah; Bab 1 membahas tentang pendahuluan yang menjelaskan gambaran yang melatar belakangi perancangan, pengembangan serta tujuan penelitian skripsi ini. Bab 2 membahas tentang teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan berupa kajian mengenai proses pengelasan, komponen-komponen perangkat pengelasan. Bab 3 membahas tentang metodologi dan pelaksanaan penelitian. Bab 4 membahas tentang perbaikan perangkat prototype pengelasan serta membahas tentang analisis hasil proses pengelasan yang dilakukan. Bab 5 membahas tentang kesimpulan dan saran yang diambil setelah penelitian dilakukan.



BAB 2

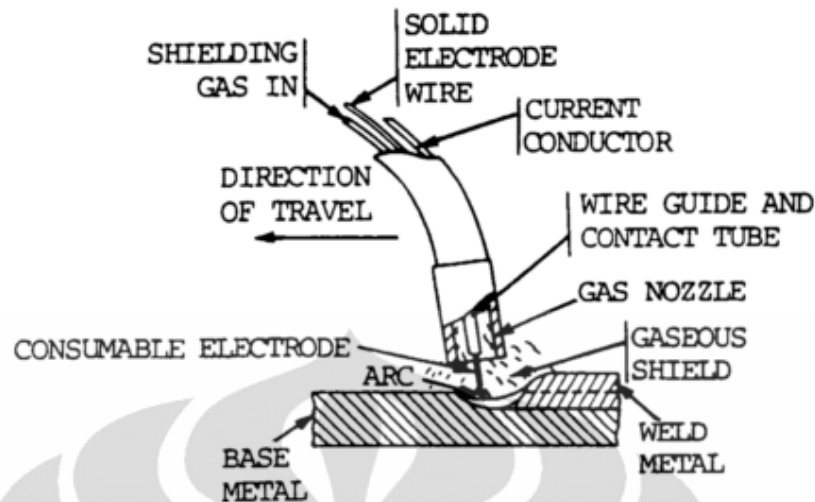
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENGELASAN

Pengelasan (*Welding*) adalah proses penyambungan dua buah logam atau lebih menggunakan pemanasan setempat, sehingga terjadi ikatan metalurgi antara logam-logam yang disambung. Aplikasi penyambungan logam banyak digunakan di industri untuk pekerjaan konstruksi, pembuatan mesin, peralatan pabrik, konstruksi perpipaan serta pekerjaan lain yang memerlukan sambungan. Dalam setiap proses pengerjaan pengelasan harus memenuhi standar tertentu yaitu: ASME, (*American Society of Mechanical Engineering*), API (*American Petroleum institute*). Dalam hal ini pemilihan proses las, pemilihan logam pengisi (*filler metal*), perencanaan prosedur las, kualifikasi prosedur pengelasan, perancangan dan prosedur pabrikasi, serta sistem pengendalian mutu harus dilakukan mengikuti peraturan yang berlaku dalam standar [4].

2.1.1 Gas Metal Arc Welding (GMAW)

Gas Metal Arc Welding (GMAW) merupakan salah satu proses pengelasan yang menggunakan busur api listrik sebagai sumber panas untuk peleburan logam dan perlindungan terhadap logam cair menggunakan gas mulia (*inert gas*) atau CO₂ merupakan elektroda terumpun yang diperlihatkan pada gambar 2.1.



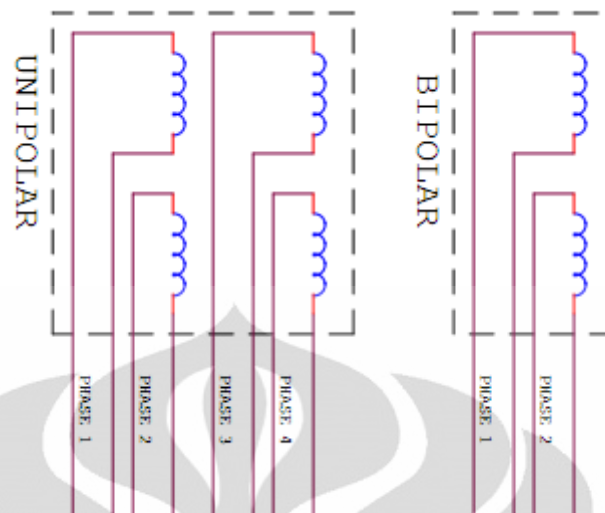
Gambar 2.1 Proses Pengelasan GMAW [4]

2.2 DASAR MOTOR STEPPER

Bagian yang paling utama untuk sebuah robot adalah motor sebagai penggerakannya. Hampir semua jenis robot kecuali yang menggunakan *muscle wire* (kawat otot) selalu menggunakan motor. Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit [5]. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik.

Dalam penggunaannya motor stepper memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah torsi motor stepper tidak sebesar motor DC, namun motor ini mempunyai tingkat presisi yang sangat tinggi dalam gerakannya jika dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. Kecepatan gerak motor ini dinyatakan dalam step per *second* atau jumlah step gerakan dalam setiap detiknya.

Secara umum terdapat dua jenis motor stepper yaitu bipolar dan unipolar. Motor stepper unipolar terdiri dari dua buah motor yang masing-masing mempunyai dua buah kumparan sedangkan motor stepper bipolar terdiri dari sebuah motor dengan dua buah kumparan. Seperti yang terlihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Motor Stepper Bipolar dan Unipolar [5]

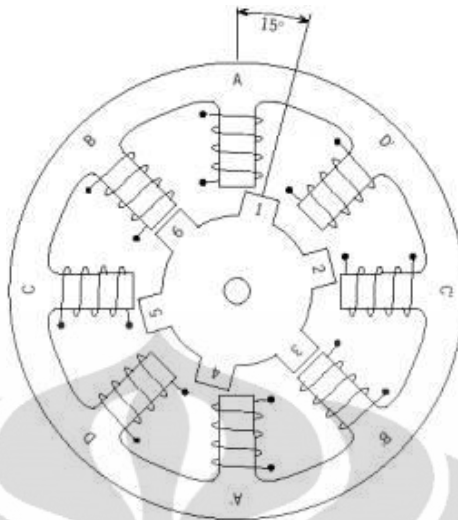
Pengendalian motor stepper dilakukan dengan mengaktifkan setiap kumparan secara bergantian. Untuk motor stepper unipolar yang terdiri dari 4 kumparan terdapat 4 phase sedangkan untuk motor stepper bipolar yang terdiri dari 2 kumparan terdapat 2 phase.

Pada sebuah robot, motor stepper lebih sering digunakan pada aplikasi penggerak lengan, tuas penjepit dan lain-lain yang tidak memerlukan torsi dan kecepatan yang terlalu besar namun dibutuhkan ketelitian saja.

Pada dasarnya terdapat 3 tipe motor stepper yaitu:

2.2.1 Motor Stepper Tipe *Variable Reluctance* (VR)

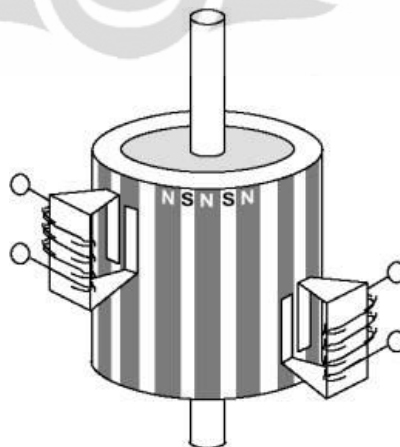
Motor ini terdiri atas sebuah rotor besi lunak dengan beberapa gerigi dan sebuah lilitan stator. Ketika lilitan stator diberi hybrid dengan arus DC, kutub-kutubnya menjadi termagnetasi. Perputaran terjadi ketika gigi-gigi rotor tertarik oleh kutub-kutub stator. Gambar 2.3 ini adalah penampang melintang dari motor stepper tipe *variable reluctance* (VR):



Gambar 2.3 Penampang melintang dari motor stepper tipe *variable reluctance* (VR) [5]

2.2.2 Motor Stepper Tipe *Permanent Magnet* (PM)

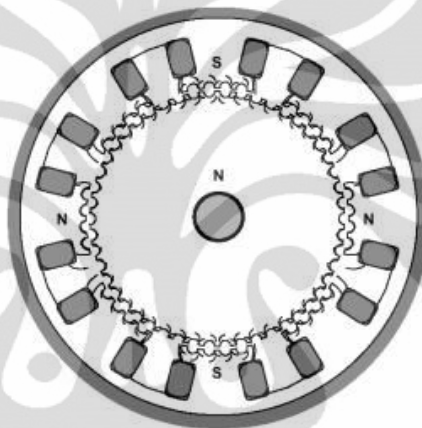
Motor stepper jenis ini memiliki rotor yang berbentuk seperti kaleng bundar (*tin can*) yang terdiri atas lapisan magnet permanen yang diselang-seling dengan kutub yang berlawanan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Dengan adanya magnet permanen, maka intensitas fluks magnet dalam motor ini akan meningkat sehingga dapat menghasilkan torsi yang lebih besar. Motor jenis 3 ini biasanya memiliki resolusi langkah (*step*) yang rendah yaitu antara 7.5° hingga 15° per langkah atau 48 hingga 24 langkah setiap putarannya. Berikut ini adalah ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe *permanent magnet*:



Gambar 2.4 Ilustrasi sederhana dari motor stepper tipe *permanent magnet* (PM) [5]

2.2.3 Motor Stepper Tipe *Hybrid* (HB)

Motor stepper tipe *Hybrid* secara struktur merupakan kombinasi dari kedua tipe motor sebelumnya. Diantaranya gigi-gigi seperti pada motor tipe VR dan juga memiliki magnet permanen yang tersusun secara aksial pada batang porosnya seperti motor tipe PM. Motor tipe ini paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena kinerja lebih baik. Motor tipe *hybrid* dapat menghasilkan resolusi langkah yang tinggi yaitu antara 3.6° hingga 0.9° per langkah atau 100-400 langkah setiap putarannya [5]. Berikut ini adalah penampang melintang dari motor stepper tipe hybrid:



Gambar 2.5 Penampang melintang dari motor stepper tipe hybrid [5]

2.3 PENGOLAHAN CITRA (*IMAGE PROCESSING*)

Citra (*image*) adalah gambar pada bidang dua dimensi. Gambar 2.6 adalah citra seorang gadis model yang bernama Lena, dan gambar di sebelah kanannya adalah citra kapal di sebuah pelabuhan. Dalam hal sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam [6].

Citra sebagai keluaran dari suatu sistem perekaman data dapat bersifat :

- optik berupa foto,
- analog berupa sinyal video seperti gambar pada monitor televisi,
- digital yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik.



Gambar 2.6 Citra Lena dan Citra Kapal [6]

Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra yang kita miliki mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung *defect* atau *noise*, warnanya terlalu kontras, kurang tajam, kabur (*blurring*), dan sebagainya. Citra semacam ini menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.

Agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi (baik oleh manusia maupun mesin), maka citra tersebut perlu dimanipulasi menjadi citra lain yang kualitasnya lebih baik. Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, makna lebih khususnya dengan menggunakan computer untuk menjadikan citra dengan kualitas yang lebih baik. Misalnya citra untuk burung nuri pada gambar 2.7 (a) tampak agak gelap, lalu dengan operasi pengolahan citra kontrasnya diperbaiki sehingga menjadi lebih terang dan tajam (b).



Gambar 2.7 (a) Citra nurung nuri yang agak gelap, (b) Citra burung yang telah diperbaiki kontrasnya sehingga terlihat jelas dan tajam.

Umumnya, operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila :

- perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra,
- elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan, atau diukur,
- sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

2.3.1 *Thresholding*

Thresholding adalah proses mengubah citra berderajat keabuan menjadi citra biner atau hitam putih sehingga dapat diketahui daerah mana yang termasuk obyek dan *background* dari citra secara jelas [7] . Citra hasil *thresholding* biasanya digunakan lebih lanjut untuk proses pengenalan obyek serta ekstraksi fitur. Metode *thresholding* secara umum dibagi menjadi dua, yaitu :

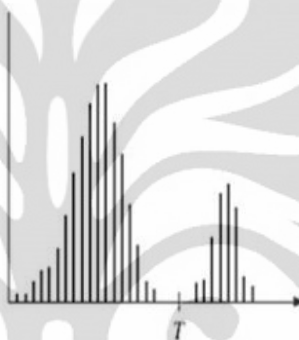
- *Thresholding* global

Thresholding dilakukan dengan mempartisi histogram dengan menggunakan sebuah *threshold* (batas ambang) global T , yang berlaku untuk seluruh bagian pada citra.

- *Thresholding* adaptif

Thesholding dilakukan dengan membagi citra menggunakan beberapa sub citra. Lalu pada setiap sub citra, segmentasi dilakukan dengan menggunakan *threshold* yang berbeda.

Thresholding dikatakan global jika nilai *threshold* T hanya bergantung pada $f(x,y)$, yang melambangkan tingkat keabuan pada titik (x,y) dalam suatu citra. Berikut ini partisi histogram untuk memperoleh *threshold* dalam gambar 2.8.



Gambar 2.8 Contoh partisi histogram untuk memperoleh nilai *threshold* [7].

Histogram yang berada pada gambar 2.8 mewakili citra $f(x,y)$ yang tersusun atas obyek terang di atas *background* gelap. Pixel-pixel obyek dan *background* dikelompokkan menjadi dua jenis yang dominan. Kemudian untuk sembarang titik (x,y) yang memenuhi $f(x,y) > T$ disebut titik obyek, selain itu disebut titik *background*. Citra hasil *thresholding* dapat didefinisikan sebagaimana persamaan 2.1

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases} \dots\dots\dots(2.1)$$

2.4 RODA GIGI

Roda gigi adalah suatu elemen mesin yang berguna untuk mentransmisikan daya. Kelebihan roda gigi dibandingkan dengan penerus daya yang lain seperti sabuk (*belt*) dan rantai (*chain*) adalah tidak terjadinya slip sehingga transmisi daya dapat

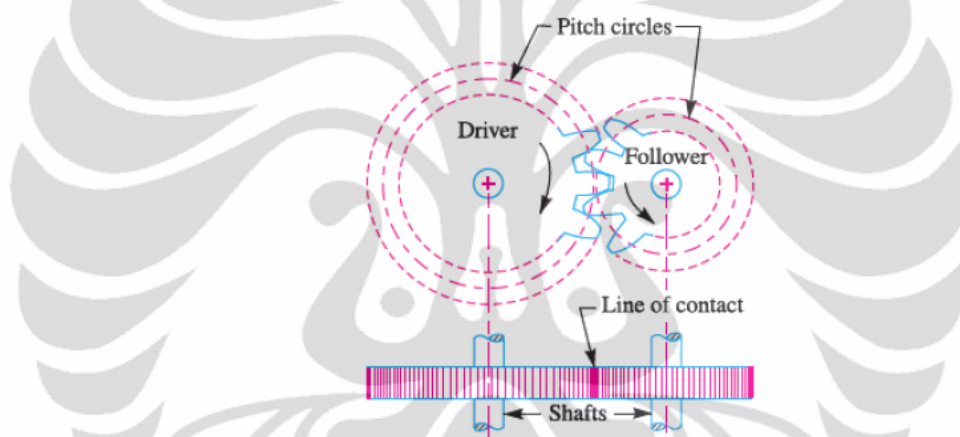
berlangsung dengan baik [8]. Hal demikian terjadi karena gigi-giginya yang saling mengikat.

Roda gigi dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis [8].

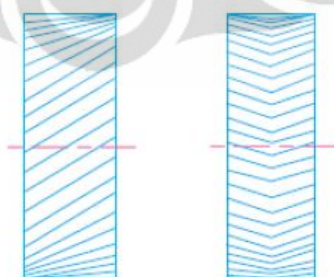
2.4.1 Berdasarkan posisi sumbu dari poros

- *Parallel*

Jika dua poros saling dihubungkan secara paralel maka roda gigi yang dibutuhkan untuk mentransmisikan daya adalah *spur gear*. Terdapat dua jenis roda gigi ini, yaitu gigi dengan posisi melintang (*spur gear*) dan gigi dengan posisi miring (*helical gear*).



Gambar 2.9 Sistem Roda Gigi [8]



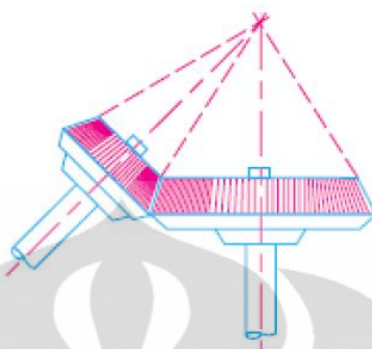
Gambar 2.10 Helical gear single dan Double [8]

- *Intersecting*

Jenis yang kedua ini menggambarkan bahwa dua buah poros tidak dalam posisi paralel, tetapi sumbu dari kedua poros akan bertemu pada satu titik yang sama.

Universitas Indonesia

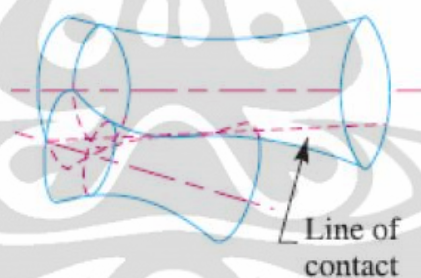
Untuk mentransmisikan daya dalam kondisi seperti ini, sistem roda gigi yang cocok adalah *bevel gear*.



Gambar 2.11 *Bevel Gear* [8]

- *Non Parallel* dan *Non Intersecting*

Untuk jenis yang ketiga ini dua buah poros tidak saling paralel dan sumbu kedua poros tidak saling bertemu dalam satu titik yang sama. Untuk mentransmisikan daya pada kondisi seperti ini digunakan sistem roda gigi yang disebut *spiral gear*.



Gambar 2.12 *Spiral Gear* [8]

2.4.2 Berdasarkan kecepatan roda gigi

- Kecepatan rendah

Kecepatan roda gigi yang kurang dari 3 m/s termasuk dalam kategori roda gigi dengan kecepatan rendah.

- Kecepatan sedang

Kecepatan roda gigi gigi dengan kecepatan antara 3 m/s sampai 15 m/s termasuk dalam kecepatan sedang

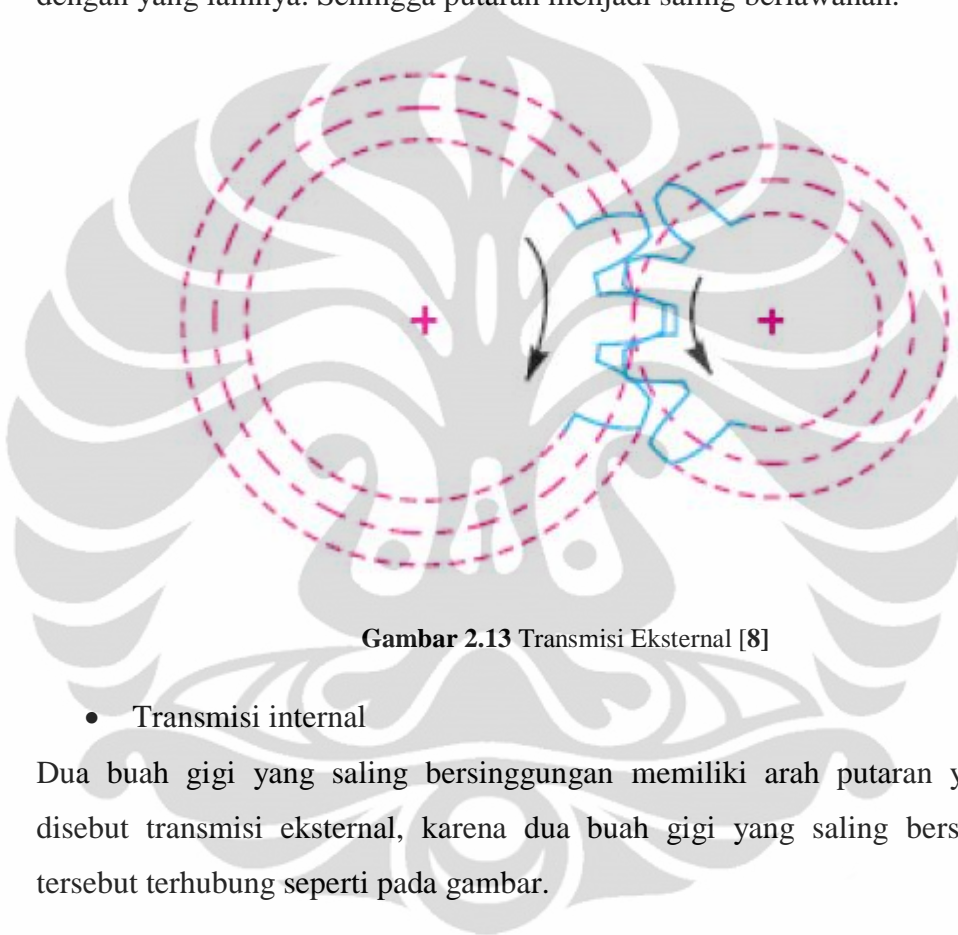
- Kecepatan tinggi

Untuk kecepatan lebih dari 15 m/s termasuk ke dalam roda gigi dengan kecepatan tinggi.

2.4.3 Berdasarkan tipe transmisi

- Transmisi eksternal

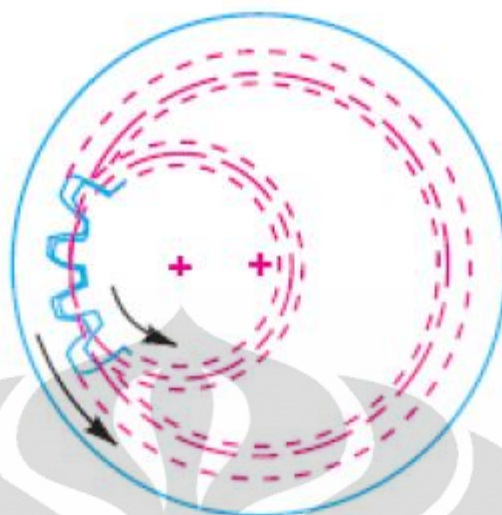
Pada transmisi eksternal dua poros berhubungan secara eksternal antara satu dengan yang lainnya. Sehingga putaran menjadi saling berlawanan.



Gambar 2.13 Transmisi Eksternal [8]

- Transmisi internal

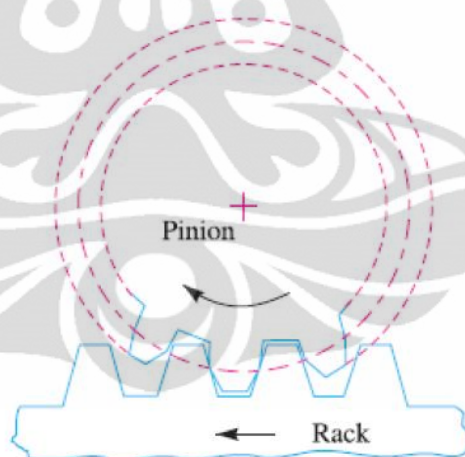
Dua buah gigi yang saling bersinggungan memiliki arah putaran yang sama disebut transmisi eksternal, karena dua buah gigi yang saling bersinggungan tersebut terhubung seperti pada gambar.



Gambar 2.14 Transmisi Internal [8]

c. *Rack dan pinion*

roda gigi ini poros berhubungan dengan sebuah *rack* (gigi-giginya terletak secara horizontal).



Gambar 2.15 Rack dan Pinion [8]

Dalam perancangan sistem transmisi gigi yang ingin digunakan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan agar sistem transmisi ini berjalan dengan baik. Hal yang pertama adalah profil gigi harus sama, *spur* dengan *spur*, *helical* dengan *helical*. Kedua adalah modul gigi harus sama. Ketiga sudut tekanan harus sama.

Modul gigi adalah bilangan yang didapatkan dari besar diameter *pitch* dibagi dengan jumlah gigi.

$$m = \frac{D}{T} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan:

D = Diameter *pitch*

T = Jumlah gigi

Sudut tekanan (*pressure angle*) adalah sudut yang dibentuk antara garis singgung dua roda gigi dan garis perpindahan gaya antar dua gigi yang bersinggungan. Sudut tekanan (α) sudut yang dibentuk dari garis horisontal dengan garis normal dipersinggungan antar gigi. Sudut tekanan sudah di standarkan yaitu: $\alpha = 20$. Akibat adanya sudut tekanan ini, maka gaya yang dipindahkan dari roda gigi penggerak (*pinion*) ke roda gigi yang digerakkan (*wheel*), akan diuraikan menjadi dua gaya yang saling tegak lurus (vektor gaya) yaitu gaya tangensial dan gaya radial. Gaya tangensial adalah gaya yang sejajar dengan garis singgung, sedangkan gaya radial adalah gaya yang tegak lurus garis singgung (menuju titik pusat roda gigi). Gaya tangensial merupakan gaya yang dipindahkan dari roda gigi satu ke roda gigi yang lain. Gaya radial merupakan gaya yang menyebabkan kedua roda gigi saling mendorong.

2.5 JARINGAN SARAF TIRUAN PROPAGASI BALIK

2.5.1 Jaringan Saraf Biologi

Otak manusia tersusun atas sel-sel saraf atau *neuron-neuron* yang membentuk jaringan. Sekumpulan *neuron* (saraf) yang saling terhubung ini berfungsi untuk memberikan sebuah tanggapan atas sebuah rangsangan yang mengenainya. Setiap rangsangan memiliki tanggapan-tanggapan tersendiri dari sebuah *neuron* tersebut terhadap jenis rangsangan yang mengenainya.

Sebuah *neuron* memiliki 3 tipe komponen yaitu *dendrit* (bagian yang menerima rangsang dari axon), *soma* (badan sel saraf) dan *axon* (bagian sel yang berhubungan dengan *dendrit* sel saraf lain dan membentuk simpul yang disebut

Universitas Indonesia

sinapsis). *Dendrit* dapat menerima banyak sinyal dari *neuron* lain. Sinyal adalah impuls listrik yang dipancarkan menyebrangi celah sinapsis yang disebabkan proses kimia. Tindakan dari pancaran proses kimia mengubah sinyal yang datang (secara khas, dengan penskalaan frekuensi sinyal yang diterima). Proses tersebut sama dengan sifat bobot dalam jaringan saraf tiruan [9].

Soma, atau badan sel menjumlahkan sinyal yang datang. Ketika masukan cukup diterima, sel menjadi aktif, saat itulah sel mengirimkan sinyal melalui *axon*nya ke sel lain. Kejadian ini menimbulkan anggapan bahwa setiap sel saraf berada dalam keadaan aktif atau tidak aktif, pada setiap satuan waktu. Sehingga pengiriman sinyal dikenali sebagai kode biner. Kenyataannya, frekuensi dari keadaan aktif bervariasi, sesuai dengan kekuatan sinyal yakni kuat atau lemah magnitudenya. Pencocokan dengan kode biner ini dilakukan untuk menentukan tahap-tahap dalam tiap waktu diskrit dan menjumlahkan semua aktivitas (sinyal diterima atau dikirim) pada tahap tertentu berdasarkan satuan waktu.

Transmisi sinyal dari *neuron* tertentu disempurnakan dengan hasil kerja energi potensial *neuron* yang disebabkan perbedaan konsentrasi ion-ion dari setiap sisi sarung pelindung *axon neuron* (sumsum otak manusia). Ion-ion kebanyakan secara langsung melibatkan zat-zat potassium, sodium dan klorida.

Beberapa fitur penting proses elemen dari jaringan saraf tiruan yang berasal dari cara kerja jaringan saraf biologi [9]:

- Elemen pemroses menerima beberapa sinyal.
- Sinyal memungkinkan dimodifikasi oleh bobot pada sinapsis penerima.
- Elemen pemroses menjumlahkan bobot *input*.
- Dalam lingkungan yang sesuai (jumlah *input* yang sesuai), *neuron* mengirimkan *output* tunggal.
- *Output* dari *neuron* khusus memungkinkan dipindahkan ke beberapa *neuron* lain (melalui cabang *axon*).

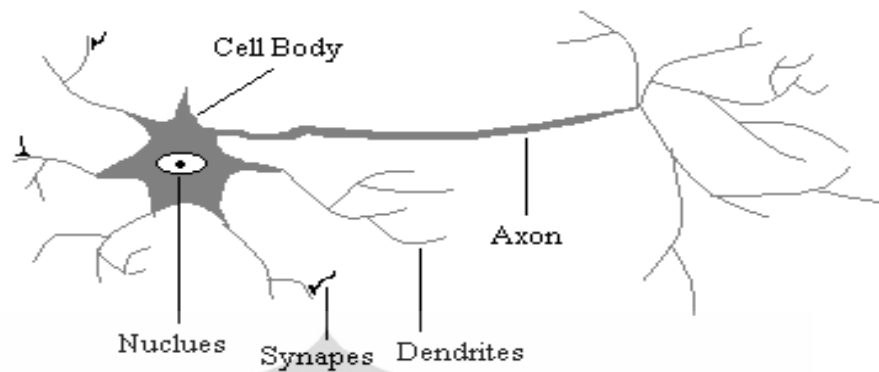
Beberapa fitur jaringan saraf tiruan yang dipelajari dari *neuron* biologi [9]:

- Pemrosesan informasi bersifat lokal (meskipun cara berbeda dalam proses transmisi, seperti aksi beberapa hormon, memungkinkan penganjuran cara control proses yang bersifat keseluruhan).
- Memori terdistribusi :
 - a. Memori yang berjangka panjang berada dalam sinapsis *neuron* atau bobot.
 - b. Memori jangka pendek merespon sinyal kiriman oleh *neuron*.
- Kekuatan sinapsis dapat dimodifikasi oleh pengalaman.
- *Neuron* pengirim untuk sinapsis mungkin bersifat pengeksitasi atau penghambat.

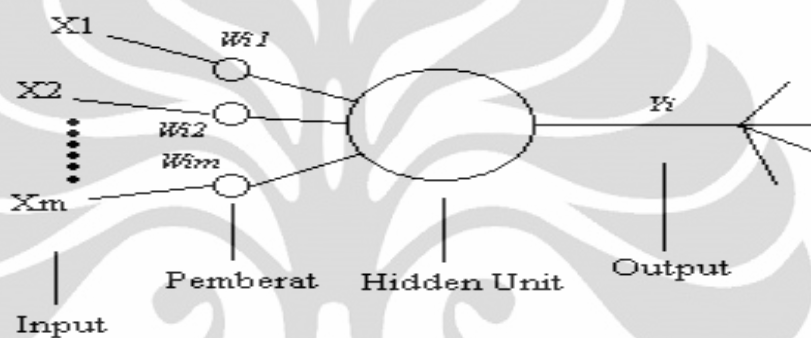
Karakteristik penting lain jaringan saraf tiruan yang merupakan bagian dari sistem saraf biologi adalah toleransi kesalahan/kekurangan data. Sistem saraf biologi memiliki toleransi kesalahan dalam 2 aspek [9]:

- Dapat mengenali banyak input sinyal yang beberapa diantaranya berbeda dengan yang pernah dikenali sebelumnya. Sebagai contoh kemampuan manusia untuk mengenali seseorang dari suatu gambaran atau mengenali seseorang setelah periode yang lama.
- Dapat menerima kerusakan ke dalam sistem saraf itu sendiri.

Manusia memiliki lebih dari 100 trilyun *neuron*. Kebanyakan diantaranya berada di otak. Jika terjadi kerusakan pada salah satu bagian, maka akan memungkinkan bagian lain akan menjalankan fungsi dari *neuron* yang rusak [9]. Adapun perbandingan kedua jaringan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.16 dan gambar 2.17.



Gambar 2.16 Neuron Biologis



Gambar 2.17 Neuron Buatan

2.5.2 Definisi Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf merupakan representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba mensimulasikan proses pembelajaran otak manusia tersebut. Istilah buatan digunakan karena jaringan saraf di implementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran [9].

Jaringan Saraf Tiruan merupakan sistem pemrosesan informasi yang memiliki karakteristik kemampuan yang secara umum mirip dengan jaringan saraf biologis. Jaringan saraf tiruan telah dikembangkan sebagai turunan model matematika dari kesadaran manusia atau saraf biologis, karena berdasar pada asumsi bahwa:

- Pemrosesan informasi terjadi pada beberapa elemen sederhana yang disebut *neuron*.
- Sinyal lewat diantara *neuron* menciptakan jaringan koneksi.

- Setiap koneksi penghubung memiliki bobot yang terhubung, yang dalam jaringan saraf tertentu mengalirkan sinyal yang ditransmisikan.
- Setiap *neuron* mempunyai fungsi aktivasi (biasanya non linier) pada jaringan *inputnya* (jumlah dari bobot sinyal *input*) untuk menentukan sinyal *outputnya*.

Karakteristik dari jaringan saraf tiruan adalah [9]:

- Pola hubungan antar *neuron* (yang menjadi arsitekturnya).
- Metode penentuan bobot dalam koneksi (disebut sebagai proses latihan, pembelajaran, atau Algoritma).
- Fungsi aktivasi.

Jaringan saraf biologis terdiri atas sel–sel yang disebut *neuron*. Pada jaringan saraf tiruan, juga terdapat istilah *neuron* atau sering disebut unit, sel, *node*. Setiap *neuron* terhubung dengan *neuron–neuron* yang lain melalui *layer* dengan bobot tertentu. Bobot disini melambangkan informasi yang digunakan oleh jaringan untuk menyelesaikan persoalan. Pada jaringan saraf biologis, bobot tersebut dapat dianalogikan dengan aksi pada proses kimia yang terjadi pada *synaptic gap*. Sedangkan *neuron* mempunyai *internal state* yang disebut aktivasi. Aktivasi merupakan fungsi dari *input* yang diterima. Suatu *neuron* akan mengirimkan sinyal ke *neuron–neuron* yang lain, tetapi pada suatu saat hanya ada satu sinyal yang dikeluarkan walaupun sinyal tersebut ditransmisikan ke beberapa *neuron* yang lain. Sistem jaringan saraf banyak digunakan dalam berbagai bidang antara lain kedokteran, bisnis, keuangan, maupun elektronika termasuk pemrosesan sinyal dan sistem kontrol [9].

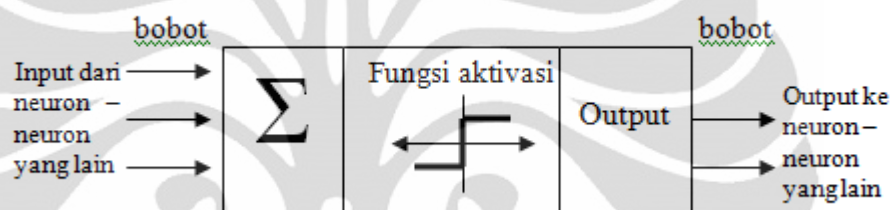
Suatu jaringan saraf tiruan memproses sejumlah besar informasi secara paralel dan terdistribusi, hal ini terinspirasi oleh model kerja otak biologis. Beberapa definisi tentang jaringan saraf tiruan adalah sebagai berikut di bawah ini.

DARPA Neural Network Study [10] mendefinisikan jaringan saraf buatan sebagai berikut :

Sebuah jaringan saraf adalah sebuah sistem yang dibentuk dari sejumlah elemen pemroses sederhana yang bekerja secara paralel dimana fungsinya

ditentukan oleh stuktur jaringan, kekuatan hubungan, dan pengolahan dilakukan pada komputasi elemen atau nodes

Ada beberapa tipe jaringan saraf, tetapi hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan saraf juga terdiri dari beberapa *neuron*, dan ada hubungan antara *neuron-neuron* tersebut. *Neuron-neuron* tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke *neuron-neuron* yang lain. Pada jaringan saraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada nilai tertentu pada bobot tersebut. Pada gambar 2.19 menunjukkan struktur *neuron* pada jaringan saraf.



Gambar 2.18 Struktur Neuron Jaringan Saraf

Jika kita lihat, *neuron* buatan ini sebenarnya mirip dengan sel *neuron* biologis. *Neuron-neuron* buatan tersebut mempunyai cara kerja yang sama pula dengan *neuron - neuron* biologis. Informasi (disebut: *input*) akan dikirim *neuron* dengan bobot kedatangan tertentu. *Input* ini akan diproses suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil penjumlahan ini kemudian akan dibandingkan dengan suatu nilai *ambang* (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap *neuron*. Apabila *input* tersebut melewati suatu nilai *ambang* tertentu, maka *neuron* tersebut akan diaktifkan, tetapi kalau tidak, *neuron* tersebut tidak akan diaktifkan. Apabila *neuron* tersebut diaktifkan, maka *neuron* tersebut akan mengirimkan *output* melalui bobot-bobot *outputnya* ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya.

Pada jaringan saraf, *neuron-neuron* akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan *neuron* (*neuron layers*). Biasanya *neuron-neuron* pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan-lapisan sebelum dan sesudahnya (kecuali lapisan *input* dan lapisan *output*). Informasi

yang diberikan pada jaringan saraf akan dirambatkan dari lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan *input* sampai ke lapisan *output* melalui lapisan yang lainnya, yang sering dikenal dengan nama lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Tergantung pada algoritma pembelajarannya, bisa jadi informasi tersebut akan dirambatkan secara mundur pada jaringan. Beberapa jaringan saraf ada juga yang tidak memiliki lapisan tersembunyi, dan ada juga jaringan saraf dimana *neuron–neuronnya* disusun dalam bentuk matriks.

2.5.3 Bentuk dan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

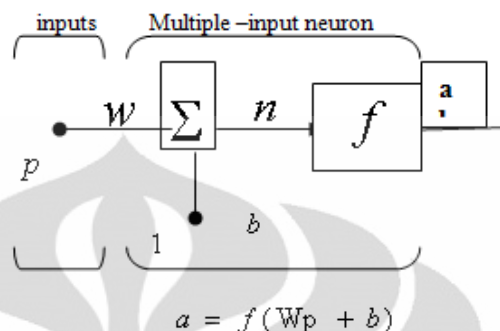
Pada umumnya *neuron* yang terletak pada lapisan yang sama akan memiliki keadaan sama. Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu *neuron* adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya. Pada setiap lapisan yang sama, *neuron–neuron* akan memiliki fungsi aktivasi yang sama. Apabila *neuron–neuron* dalam suatu lapisan (misalkan lapisan tersembunyi) akan dihubungkan dengan *neuron–neuron* pada lapisan yang lain (misalkan lapisan *output*), maka setiap *neuron* pada lapisan tersebut (misalkan lapisan tersembunyi) juga harus dihubungkan dengan lapisan lainnya (misalkan lapisan *output*). Ada beberapa bentuk arsitektur jaringan saraf [9], antara lain:

- Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

Jaringan ini hanya memiliki satu lapisan dengan bobot–bobot terhubung. Jaringan ini menerima *input* yang kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.20:

Sebuah neuron berinput tunggal diperlihatkan pada gambar 2.20. Input skalar p dikalikan dengan skalar *weight* w untuk kondisi (bentuk) wp , salah bentuk ini yang dikirim ke dalam penjumlah. Input yang lain, 1, adalah dikalikan dengan *bias* b dan dilewatkan ke dalam penjumlah. Output dari penjumlah n sering kali digunakan sebagai input *net*, yang berjalan ke dalam fungsi transfer f , yang menghasilkan output neuron skalar a . (“fungsi aktivasi” disebut juga *fungsi transfer* dan “offset” disebut juga *bias*).

Bobot w berhubungan dengan sebuah kekuatan gabungan dari sel badan yang direpresentasikan dengan penjumlahan fungsi transfer, dan output neuron a menggambarkan signal dalam axon.



Gambar 2.19 Neuron berinput tunggal [9]

Output neuron dihitung sebagai berikut

$$a = f(wp + b) \dots \dots \dots (2.3)$$

Jika untuk sesaat, $w = 3$, $p = 2$ dan $b = -1.5$, kemudian

$$a = f(3(2) - 1.5) = f(4.5) \dots \dots \dots (2.4)$$

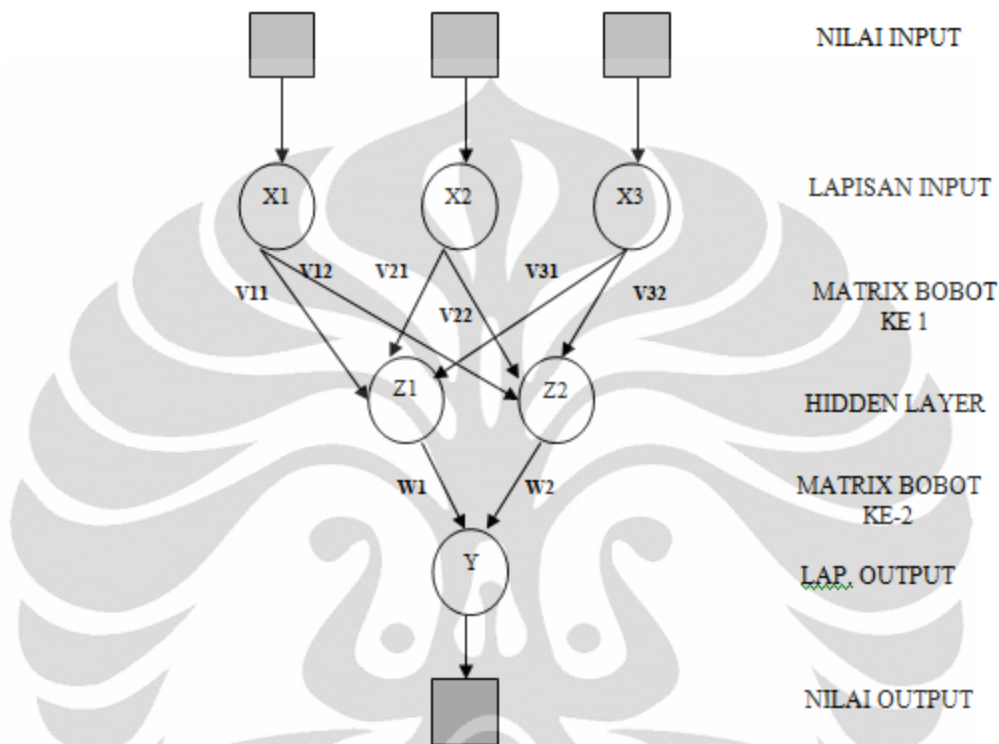
Output nyata bergantung pada fakta-fakta fungsi transfer yang dipilih. Kita akan mendiskusikan transfer fungsi dalam bagian berikutnya.

Bias lebih mirip dengan bobot, kecuali jika mempunyai input konstan 1. Akan tetapi, jika kita tidak menginginkan bias di dalam sebuah bagian neuron, bias ini bisa diabaikan. Penting untuk w dan b diatur keduanya dalam bentuk neuron berparameter skalar. Biasanya fungsi transfer dipilih oleh desainer dan kemudian parameter w dan b akan diatur oleh beberapa peraturan pelatihan jadi neuron input atau output yang saling berhubungan ditetapkan terlebih dahulu dengan spesifik tujuan (goal).

2.5.4 Jaringan dengan banyak lapisan (*multilayer*)

Jaringan ini memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak diantara lapisan *input* dan lapisan *outputnya* (memiliki satu atau lebih lapisan tersembunyi).

Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit dari pada jaringan dengan lapisan tunggal, tetapi pembelajarannya lebih rumit. Jaringan ini pada banyak kasus lebih sukses dalam menyelesaikan masalah. Pada gambar 2.21 menunjukkan jaringan saraf *multilayer*.



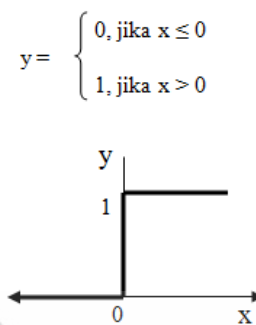
Gambar 2.20 Jaringan saraf multilayer [9]

2.5.5 Fungsi Aktivasi

Ada beberapa fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam jaringan saraf tiruan [11], antara lain:

- Fungsi Undak Biner (*Hard Limit*)

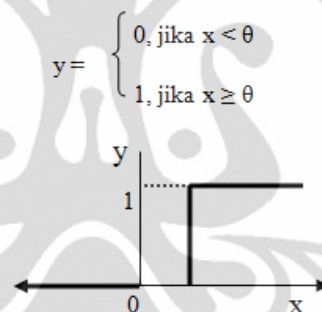
Fungsi Undak Biner merupakan jaringan lapisan tunggal yang menggunakan fungsi undak (*step function*) untuk mengkonversikan *input* dari suatu variabel yang bernilai kontinyu ke suatu *output* biner (0 atau 1).



Gambar 2.21 *Hard Limit*

- Fungsi Undak Biner (*Threshold*)

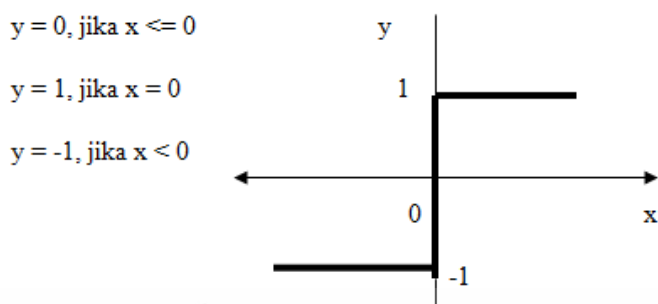
Fungsi undak biner dengan menggunakan nilai ambang sering juga disebut dengan nama fungsi nilai ambang (*thresholed*) atau fungsi *Heaviside*. Fungsi undak biner (dengan nilai ambang θ) dirumuskan sebagai berikut dan gambarnya dapat dilihat pada gambar 2.23:



Gambar 2.22 *Threshold*

- Fungsi Bipolar (*Symmetric Hard Limit*)

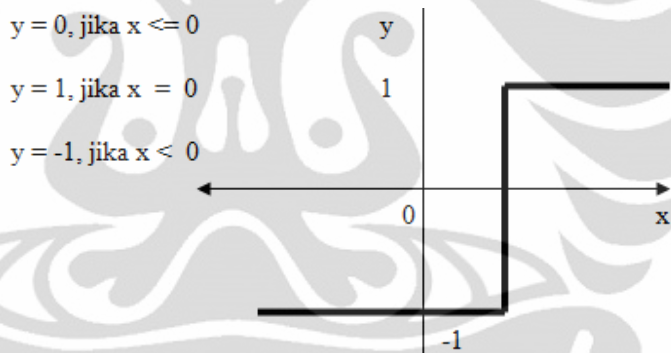
Fungsi bipolar dengan *Symmetric hard limit* sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1, 0, -1. Fungsi *Symmetric Hard Limit* dirumuskan sebagai berikut dan gambarnya dapat dilihat pada gambar 2.24



Gambar 2.23 Fungsi aktivasi bipolar (*Symmetric Hard Limit*)

- Fungsi Bipolar (dengan *threshold*)

Fungsi bipolar dengan *threshold* sebenarnya hampir sama dengan fungsi undak biner, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1, 0 atau -1. Fungsi bipolar dengan nilai ambang 0 dirumuskan sebagai berikut dan gambarnya dapat dilihat pada gambar 2.25 :hanya saja *output* yang dihasilkan berupa 1, 0, atau -1. Fungsi ini dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 2.24 Fungsi aktivasi bipolar (*Threshold*)

- Fungsi *Linear* (Identitas)

Fungsi ini memiliki nilai *output* yang sama dengan nilai *inputnya*, dirumuskan sebagai $Y = x$.

- Fungsi *Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai 0 jika *inputnya* kurang dari $-\frac{1}{2}$, dan akan bernilai 1 jika *inputnya* lebih dari $\frac{1}{2}$. Sedangkan jika nilai *input* terletak antara $-\frac{1}{2}$ dan $\frac{1}{2}$, maka *outputnya* akan bernilai sama dengan nilai *inputnya* ditambah $\frac{1}{2}$. Fungsi *saturating linear* ini dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \geq 0 \\ 0 & \text{jika } x \leq -0.5 \\ x + 0.5 & \text{jika } -0.5 \leq x \leq 0.5 \end{cases} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Fungsi *Symetric Saturating Linear*

Fungsi ini akan bernilai -1 jika *inputnya* kurang dari -1 , dan akan bernilai 1 jika *inputnya* lebih dari 1 . Sedangkan jika nilai *input* terletak antara -1 dan 1 , maka *outputnya* akan bernilai sama dengan nilai *inputnya*.

- Fungsi *Sigmoid Biner*

Fungsi ini digunakan untuk jaringan saraf yang dilatih dengan menggunakan metode *backpropagation*, mempunyai range 0 sampai 1 .

$$Y = \begin{cases} -1 & \text{Jika } x \geq 1 \\ x & \text{Jika } -1 \leq x \leq 1 \\ 1 & \text{Jika } x \leq -1 \end{cases} \dots\dots\dots(2.6)$$

Biasanya digunakan untuk jaringan saraf yang membutuhkan nilai *output* yang terletak pada interval 0 sampai dengan 1 , juga pada jaringan saraf yang nilai *outputnya* 0 atau 1 . Fungsi ini dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}$$

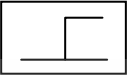
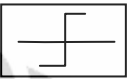





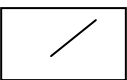
$$f'(x) = f(x)(1-f(x)). \dots\dots\dots(2.7)$$

- Fungsi *Sigmoid Bipolar*


Fungsi ini hampir sama dengan fungsi *sigmoid biner*, tetapi *output* fungsi ini memiliki range 1 sampa -1 . Fungsi ini dirumuskan sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Tabel 2.1 Transfer Function [11]

Name	2.5.6 Input / Output Relasi	Symbol	Fungsi Matlab
Hard limit	$a = 0 \quad n < 0$ $a = 1 \quad n \geq 0$		Hardlim
Symetrical hard limit	$a = -1 \quad n < 0$ $a = +1 \quad n \geq 0$		Hardlim
Linier	$a = n$		Purelin
Saturating linier	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		satlin
Simetris saturating linier	$a = -1 \quad n < -1$ $a = n \quad -1 \leq n \leq 1$ $a = 1 \quad n > 1$		Satlin
Log sigmoid	$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$		Logsig
Hyperbolic tangent sigmoid	$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$		Tansig
Positive linier	$a = 0 \quad n < 0$ $a = n \quad 0 \leq n$		Poslin

Universitas Indonesia

Competitive	$a = 1$ neuron with max n $a = 0$ all other neurons		compet

2.5.7 Proses Pembelajaran

Pada otak manusia, informasi yang dilewatkan dari satu *neuron* ke *neuron* yang lainnya berbentuk rangsangan listrik melalui *dendrit*. Jika rangsangan tersebut diterima oleh suatu *neuron*, maka *neuron* tersebut akan membangkitkan *output* ke semua *neuron* yang berhubungan dengannya sampai *neuron* tersebut sampai ke tujuannya yaitu terjadinya suatu reaksi. Jika rangsangan yang diterima terlalu halus, maka *output* yang dibangkitkan oleh *neuron* tersebut tidak akan direspon. Tentu sangatlah sulit memahami bagaimana otak manusia itu belajar. Selama proses pembelajaran, terjadi perubahan yang cukup berarti pada bobot–bobot yang menghubungkan antar *neuron*. Apabila ada rangsangan yang sama yang diterima oleh *neuron*, maka *neuron* akan memberikan reaksi dengan cepat. Tetapi, apabila nantinya ada rangsangan yang berbeda dengan apa yang diterima oleh *neuron*, maka *neuron* akan beradaptasi untuk memberikan reaksi yang sesuai.

Jaringan saraf akan mencoba mensimulasikan kemampuan otak manusia untuk belajar. Jaringan saraf tiruan juga tersusun atas *neuron* dan *dendrit*. Tidak seperti model biologis, jaringan saraf memiliki struktur yang tidak dapat diubah, dibangun oleh sejumlah *neuron*, dan memiliki nilai tertentu yang menunjukkan seberapa besar koneksi antar *neuron* (dikenal dengan nama bobot). Perubahan yang terjadi selama pembelajaran adalah perubahan nilai bobot. Nilai bobot akan bertambah, jika informasi yang diberikan oleh *neuron* yang bersangkutan tersampaikan, sebaliknya jika tidak disampaikan oleh suatu *neuron* ke *neuron* yang lain, maka nilai bobot yang menghubungkan keduanya akan dikurangi. Pada saat pembelajaran dilakukan pada *input* yang berbeda, maka nilai bobot akan diubah secara dinamis hingga mencapai nilai yang cukup seimbang. Apabila nilai ini telah tercapai yang mengindikasikan bahwa tiap–tiap *input* telah berhubungan

dengan *output* yang diharapkan. Ada beberapa metode untuk proses pembelajaran pada jaringan saraf tiruan ini, diantaranya [9]:

- Pembelajaran Terawasi (*Supervised Learning*)

Metode pembelajaran jaringan saraf disebut terawasi jika *output* yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Pada proses pembelajaran, satu pola *input* akan diberikan ke satu *neuron* pada lapisan *input*. Pola ini akan dirambatkan disepanjang jaringan saraf hingga sampai ke *neuron* pada lapisan *output*. Lapisan *output* ini akan membangkitkan pola *output* yang nantinya akan dicocokkan dengan pola *output* targetnya. Apabila terjadi perbedaan antara *output* hasil pembelajaran dengan pola target, maka disini akan muncul *error*. Apabila *error* ini masih cukup besar, mengindikasikan bahwa masih perlu dilakukan lebih banyak pembelajaran lagi.

- Pembelajaran Tak Terawasi (*Unsupervised Learning*)

Pada metode pembelajaran yang tak terawasi ini, tidak memerlukan target *output*. Pada metode ini, tidak dapat ditentukan hasil seperti apakah yang diharapkan selama proses pembelajaran. Selama proses pembelajaran, nilai bobot disusun dalam suatu range tertentu tergantung pada nilai *input* yang diberikan. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam suatu area tertentu. Pembelajaran ini biasanya sangat cocok untuk pengelompokan (klasifikasi) pola.

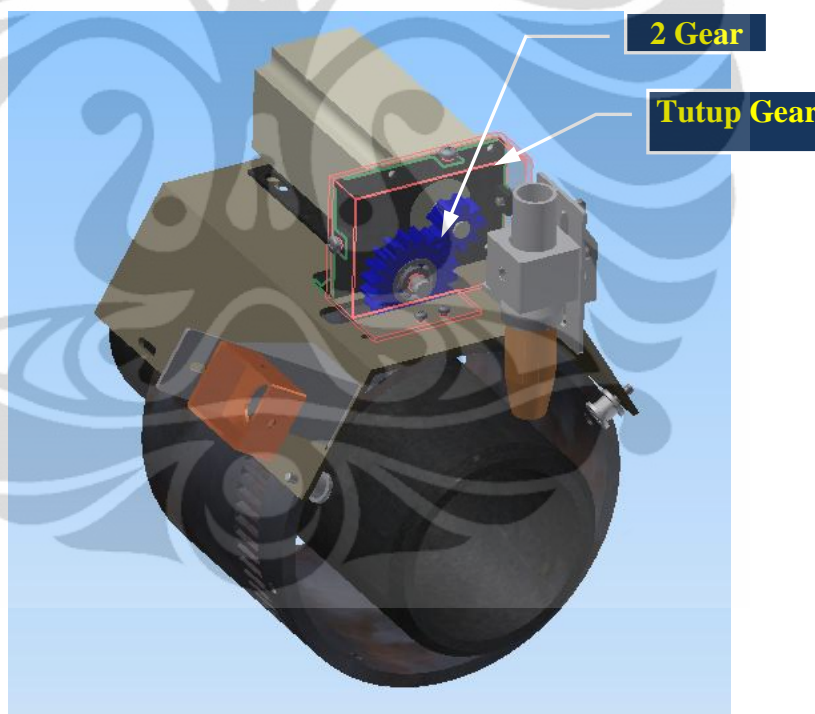
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 STUDI LITERATUR

Melakukan pengumpulan literatur tambahan yang berhubungan dengan tema penelitian termasuk pada jurnal-jurnal Internasional seperti: *Solid Mechanical and Materials Engineering*, *ICACSIS*, dan juga jurnal lokal lainnya.

3.2 PERBAIKAN DESAIN PROTOTIPE

Membuat perbaikan desain dari perangkat keras hasil penelitian sebelumnya yang menimbulkan hentakan keras sehingga menurunkan kualitas pengelasan. Memproduksi beberapa part yang perlu diperbaiki, yang terdiri dari:



Gambar 3.1 Bagian prototipe yang diperbaiki yaitu gear dan penambahan tutup gear

Perbaikan prototype dilakukan dengan membuat *spur gear* tipe *external gearing* dan tutup gear.

3.3 PENGUJIAN ALAT

Sebelum melakukan pengujian alat maka perlu beberapa hal yang disiapkan, yaitu pembuatan mekanisme kontrol putaran motor stepper, pembuatan perangkat lunak

Universitas Indonesia

untuk pencitraan dan deteksi tepi, kalibrasi sistem, pembuatan software dan pengujian itu sendiri.

3.3.1 Pembuatan Mekanisme Kontrol Putaran Motor Stepper

Merancang perangkat lunak sistem pengendalian motor untuk menggerakkan pengelasan peralatan dengan kecepatan rotasi berdasarkan lebar kolam las.

3.3.2 Pembuatan Perangkat Lunak Untuk Pencitraan

Membuat perangkat lunak untuk mendeteksi gambar obyek berupa kolam las dan menyimpan data gambar untuk dicitrakan sehingga mendapat nilai lebar untuk menjadi pembanding sebelum dilakukan *modeling* dan simulasi *feedback controller* untuk merespon perubahan lebar manik las aktual dengan merubah kecepatan motor *stepper*. Aplikasi ini dibuat menggunakan Microsoft Visual Studio 6.0 dengan bahasa pemrograman C++. Sedangkan *modeling* dan *Simulasi* menggunakan pemrograman dengan Matlab.

3.3.3 Kalibrasi Sistem

Kalibrasi sistem dimulai dengan mentransformasikan gambar kolam las, memasukkan parameter pengukuran yang dilakukan kamera dan memasukkan distorsi kamera sehingga didapatkan gambar ke obyek. Kemudian kamera dikalibrasi pada sebuah pola hitam putih. Serta dilakukan pengukuran dengan pencitraan dan hasil pengukuran dikalibrasi sehingga dihasilkan lebar kolam las dalam satuan *millimeter* (mm).

3.3.4 Pengujian Proses Pengelasan

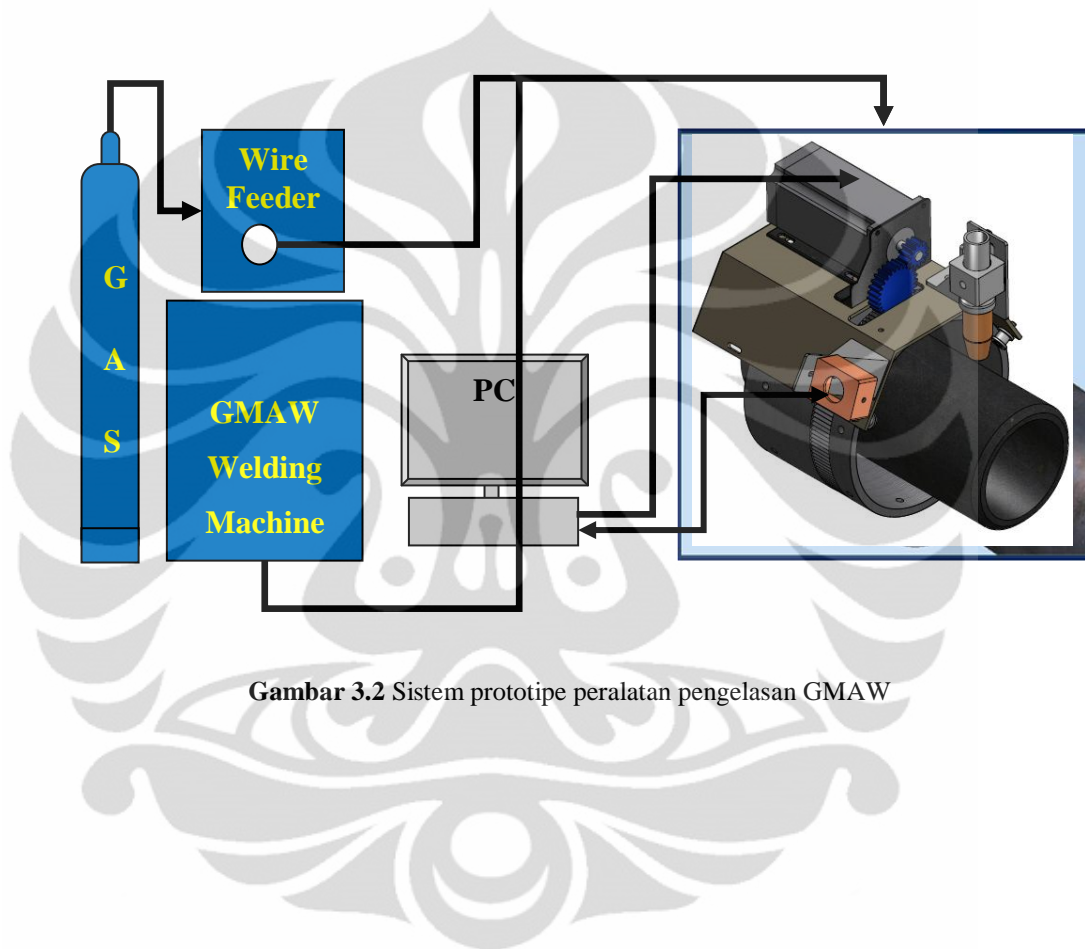
Hasil pengujian berupa hasil pengelasan oleh sistem seperti pada Gambar 3.2, dianalisis untuk beberapa kali pengambilan sampel untuk menilai akurasi dimensi tebal manik las.

3.4 Optimasi Pengelasan dengan Jaringan Saraf Tiruan

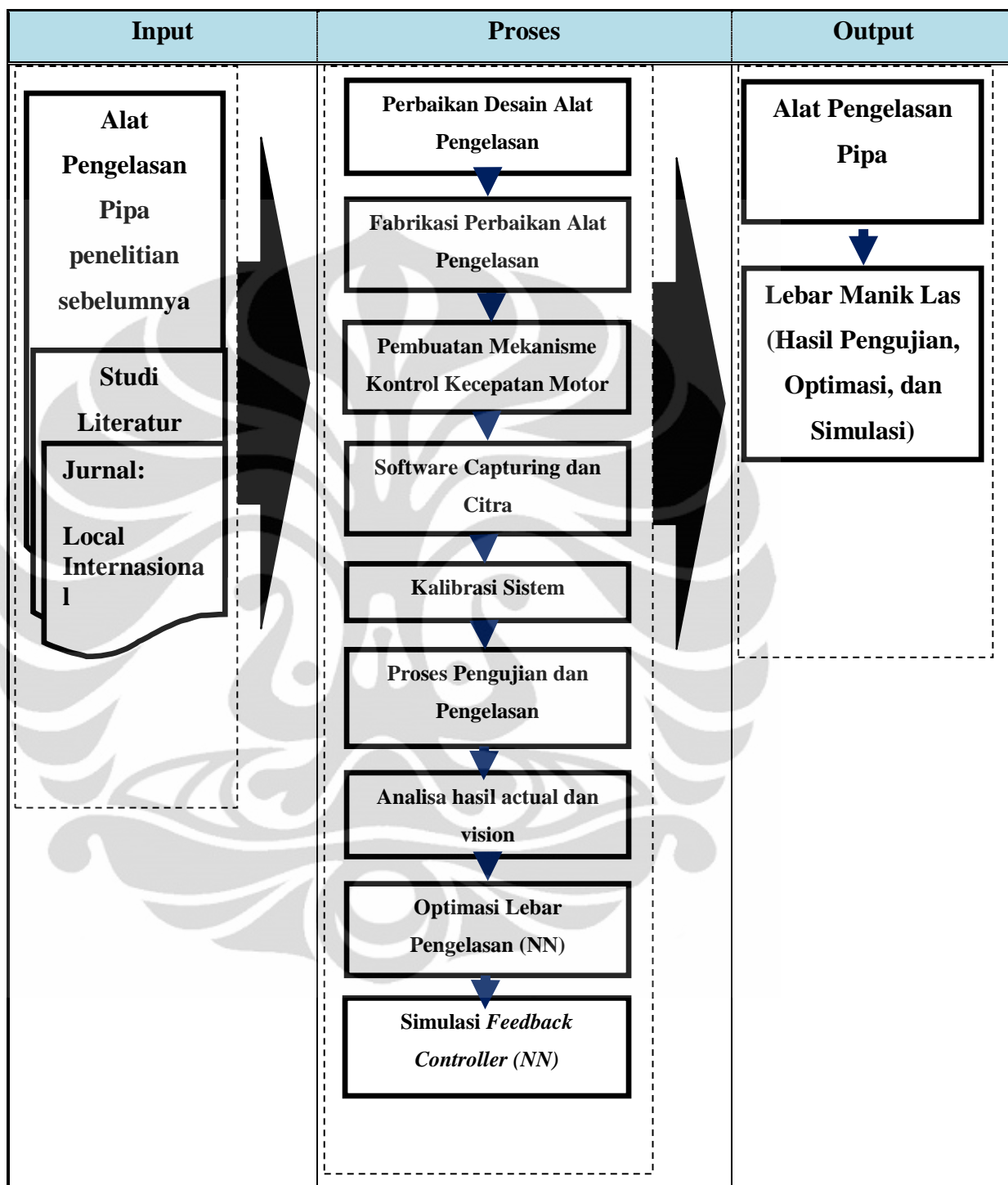
Hasil tebal manik las yang diukur secara aktual dilakukan optimasi dengan metode jaringan saraf tiruan.

3.5 Simulasi Pengelasan *Feedback Controller*

Simulasi Pengelasan *Feedback Controller* dilakukan dengan metode jaringan saraf tiruan dengan mengontrol kecepatan pengelasan secara otomatis relatif dengan lebar manik las yang dihasilkan pada proses pengelasan sebelumnya.



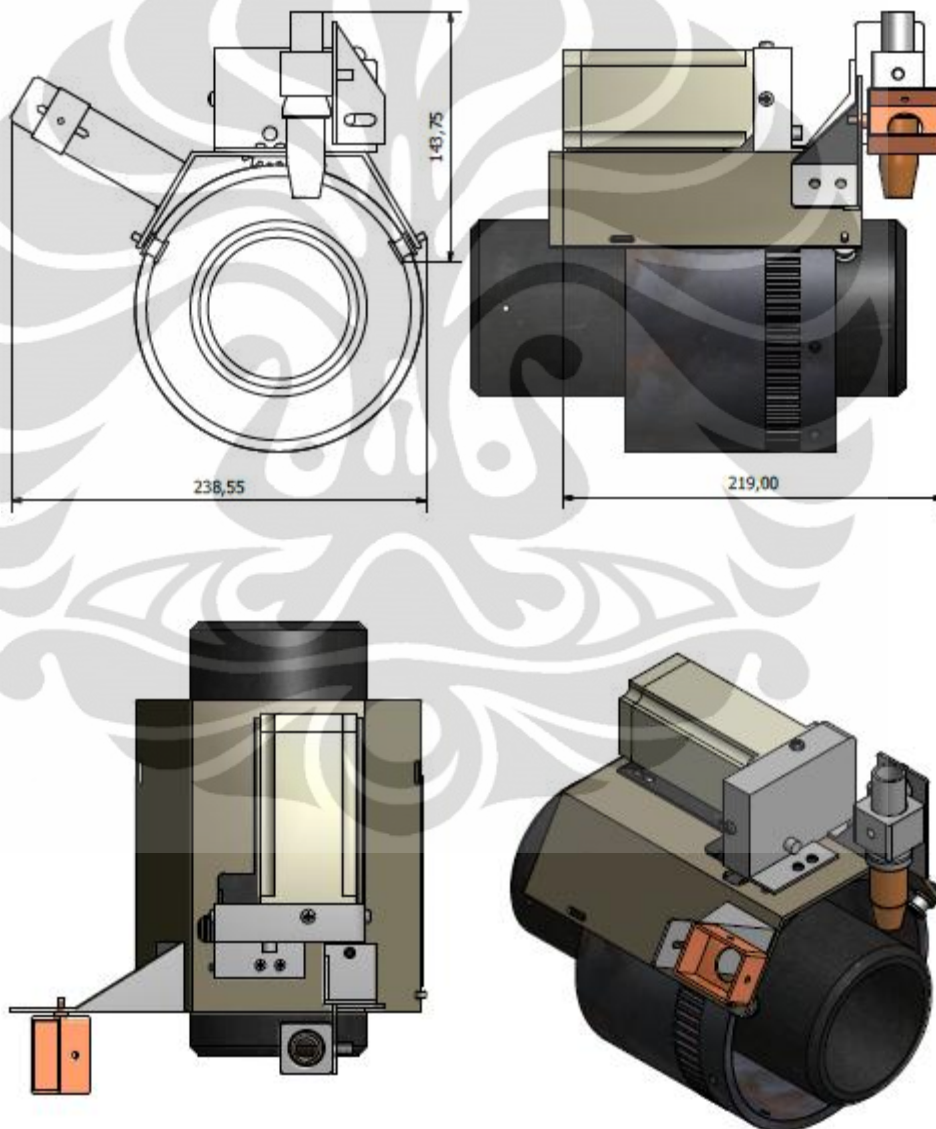
Gambar 3.2 Sistem prototipe peralatan pengelasan GMAW

Tabel 3.1 *FlowChart* Metode Penelitian

BAB 4 PEMBAHASAN

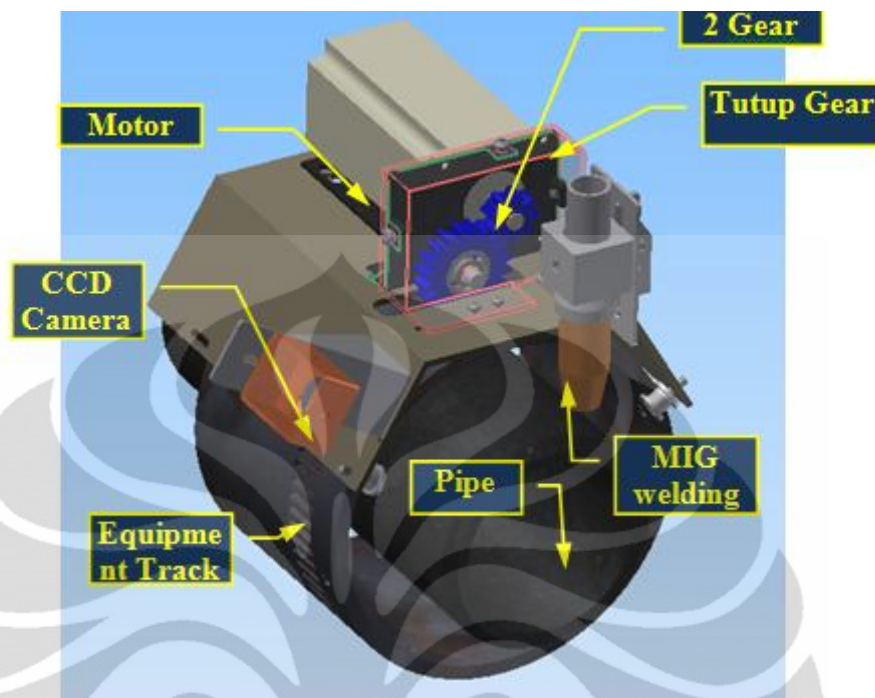
4.1 HASIL PERBAIKAN PERANGKAT PROTOTIPE

Prototipe dirancang dan perbaikan desain dengan bantuan perangkat lunak desain, dengan bentuk desain pada gambar 4.1 , dilanjutkan ke tahap fabrikasi.



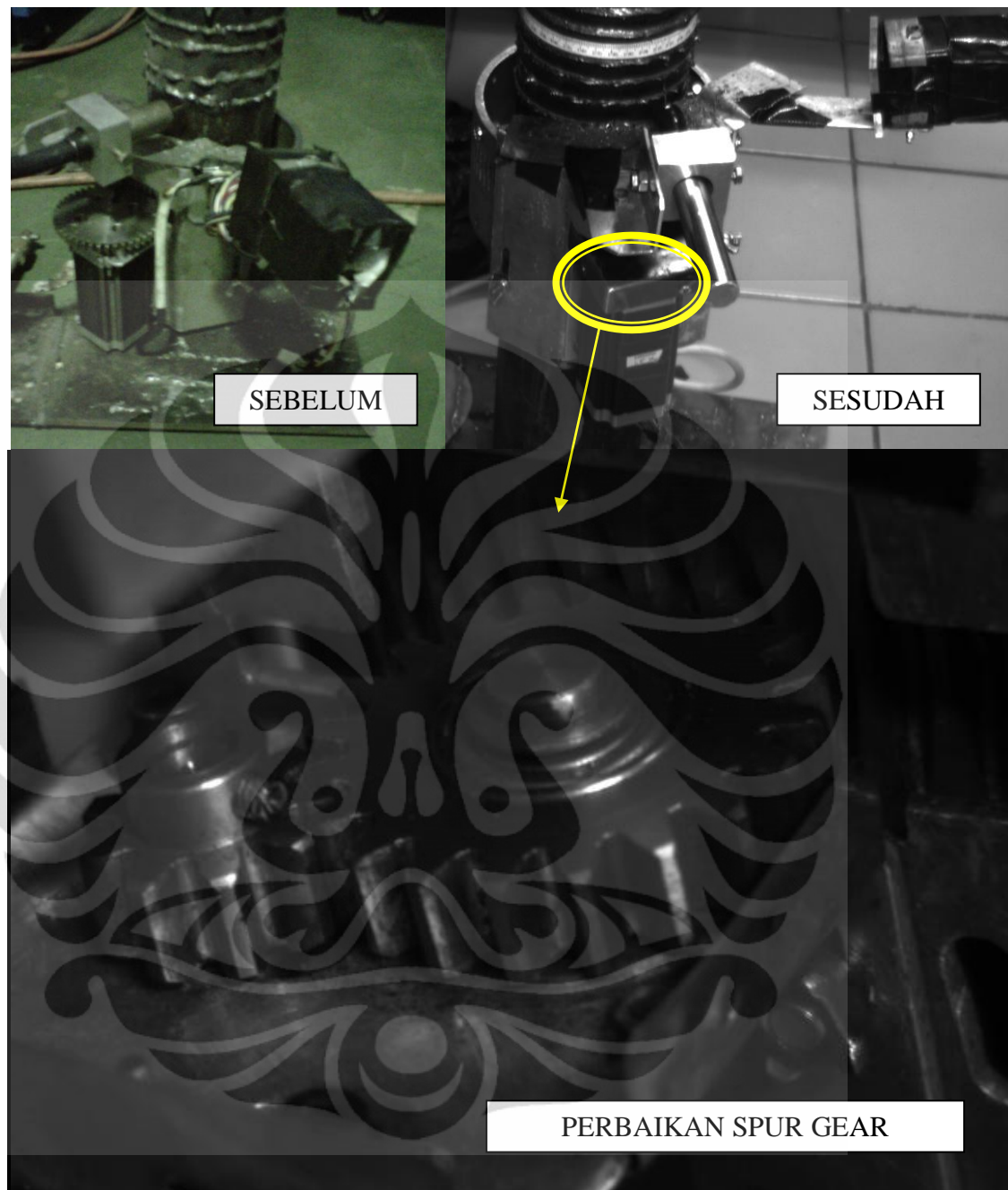
Gambar 4.1 Desain hasil perbaikan prototipe perangkat pengelasan

Berikut bagian-bagian perangkat pengelasan:



Gambar 4.2 Bagian Perangkat Pengelasan

- a) Rel (*equipment track*) yang simetris dengan silinder pipa yang berfungsi sebagai jalur orbital untuk pengelasan peralatan
- b) Pengelasan peralatan yang berfungsi sebagai pencekam GMAW *torch* pengelasan, dan bergerak terhadap jalur rel digerakan oleh sebuah motor stepper.
- c) Perangkat kontrol motor, yang berfungsi sebagai pengontrol data input dan output untuk menggerakkan motor stepper, yang terdiri dari catu daya, mikrokontroler, dan driver motor stepper.
- d) Kamera yang diletakkan terhadap jalur kolom las, untuk mengambil gambar obyek berupa kolom las, dan berfungsi sebagai sensor terhadap kecepatan motor stepper, setelah melalui proses pengolahan citra.



Gambar 4.2 Prototipe perangkat pengelasan

Spesifikasi dari perbaikan prototipe yang dibuat:

- a) Rasio *spur gear driver* (motor *stepper*) ke *spur gear driven* 1:2 dengan modul 2 mm dan sudut tekan 20° .
- b) *Spur gear* diameter 35.4 mm , *number of tooth* 20.
- c) *Spur gear* diameter 14.2 mm , *number of tooth* 9.

Universitas Indonesia

Rasio 1:2 dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa hentakan keras terjadi karena transmisi putaran langsung dari *spur gear* ke rel jalur las. Setelah dilakukan pengujian ulang pada penelitian ini bahwa benar hentakan memang terjadi sehingga putaran motor pun tidak halus dan hasil lebar pengelasan secara visual tidak seragam. Penerapan gear pada penelitian ini bukan untuk motor *speed*, namun lebih dekat sebagai penahan beban karena dilakukan pada motor yang berputar pada kecepatan rendah (*holding torque*). Pada akhirnya dilakukan reduksi dengan mengubah rasio gear menjadi 1:2 agar torsi yang diderita motor lebih kecil dan akhirnya dilakukan pengujian kembali, hasilnya cukup mampu menghilangkan hentakan yang terjadi, putaran pun lebih halus, dan hasilnya lebih seragam.

Spesifikasi total massa dari prototipe yang dibuat:

- a) Massa *gun torch MIG welding* yang telah di survey di Laboratorium Metalurgi = 2 kg
- b) Massa motor *stepper* yang digunakan 1,6 kg, dan dimensi 56 mm x 110 mm, bipolar 4 *lead*, 3 *Ampere*, *Holding torsi* 2.8 Nm.
- c) Massa *spur gear* diameter 35.4 mm adalah 0.1 kg
- d) Massa *spur gear* diameter 14.2 mm adalah 0.05 kg
- e) Massa Alat yang dibuat 1kg
- f) Total massa 4.75 kg

4.2 ANALISIS STRESS STATIK

Sistem transmisi yang dipakai adalah *spur gear*. *Spur gear* memiliki keistimewaan dapat mentransmisikan daya tanpa adanya slip. Dirancang dengan ratio 1:2 dan memiliki jenis material steel (VCN) dengan proses *heat treatment* berupa *nitrited*. *Spur gear* diameter 35.4 mm (*driven*) di lengkapi dengan bearing BS 290 SKF dan *Spur gear* diameter 14.2 mm (*driver*) dihubungkan langsung dengan shaft motor. Analisis stress statik dilakukan dengan *sostware CAD* dan perhitungan lebih jelasnya berada dalam lampiran.

Tabel 4.1 Sifat Material dari dua buah spur gear

Nama	Steel	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	80.7692 GPa
Stress Thermal	Expansion Coefficient	0.000012 ul/c
	Thermal Conductivity	56 W/(m K)
	Specific Heat	460 J/(kg c)

Tabel 4.2 Sifat Material Bearing BS 290 SKF

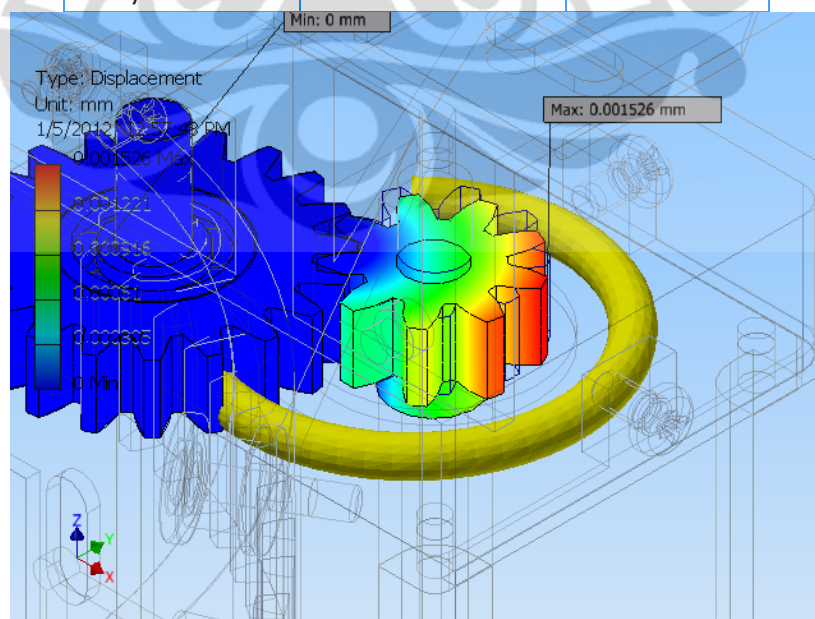
Nama	Steel, Mild	
General	Mass Density	7.86 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275 ul
	Shear Modulus	86.2745 GPa
Stress Thermal	Expansion Coefficient	0.000012 ul/c
	Thermal Conductivity	56 W/(m K)
	Specific Heat	460 J/(kg c)
Nama Part	BS 290 SKF- with one low-friction seal SKF 608-RZ	



Gambar 4.3 Spur Gear pada Prototipe Pengelasan

Tabel 4.3 Resume hasil analisis stress statik

Nama	Minimum	Maximum
Volume	1634410 mm ³	
Massa	0.119664 kg	
Von Mises Stress	0.000000792543 MPa	4.56104 MPa
1st Principal Stress	-0.726504 MPa	5.18968 MPa
3rd Principal Stress	-3.08708 MPa	0.76293 MPa
Displacement	0 mm	0.00152618 mm
Safety Factor	15 ul	15 ul



Gambar 4.4 Analisis stress tipe displacement Spur Gear

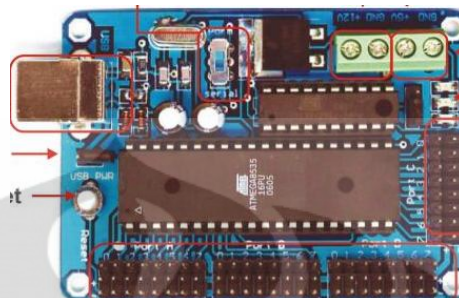
4.3 PROGRAM PENGONTROLAN PUTARAN MOTOR

Seperti yang sudah dibahas dalam tinjauan pustaka bahwa bagian dalam motor *stepper* terbagi atas dua bagian, bagian yang pertama ialah bagian magnet permanen (rotor) yang terletak pada inti dari motor tersebut, sedangkan bagian kedua merupakan variable magnet yang berada di sekeliling magnet permanen (stator) yang berfungsi menggerakkan magnet permanen sehingga motor dapat berputar. Dalam aktivasi motor *stepper* hampir mirip, hanya saja dalam aktivasi setiap lilitannya berbeda. Dalam penelitian ini digunakan motor *stepper bipolar*. Dalam penelitian sebelumnya digunakan motor *stepper unipolar*. Motor *unipolar* terdiri dari dua kumparan, yang mana masing-masing terdapat *center tap*. *Center tap* ini terdapat ditengah-tengah koil dan berupa kabel yang menyatu dengan koil, biasanya bisa terpisah satu sama lain, maupun menyatu menjadi satu. Oleh karena itu, motor *unipolar* terdiri dari 5 atau 6 kabel. Untuk menggerakkan motor *unipolar*, *center tap* dihubungkan dengan sumber tegangan sebagai *ground* (GND), sedangkan 4 kabel yang lain dihubungkan sebagai inputan dari controller. Karena kabel 1 dan 2 dihubungkan ke GND sehingga hanya dapat mengalirkan arus dalam satu arah saja. Sedangkan motor *bipolar* tidak seperti motor *unipolar*, motor *bipolar* tidak memiliki *center tap*. Selain itu adalah motor yang terdiri dari dua kumparan dan memiliki empat kabel input. Keuntungan tidak adanya *center tap* adalah arus listrik yang melewati kumparan lebih banyak dan tidak terbagi menjadi dua, sehingga torsi motor *bipolar* lebih besar dari pada motor *unipolar*. Arus listrik yang mengalir pada kumparan dapat dua arah (*bidirectional*), sehingga membutuhkan pergantian polaritas sumber tegangan. Oleh karena itu, sistem kontrolnya membutuhkan H-bridge agar polaritas tegangan dapat ditukar. Beberapa perangkat untuk mengontrol putaran motor adalah sebagai berikut.

4.3.1 Perangkat Keras

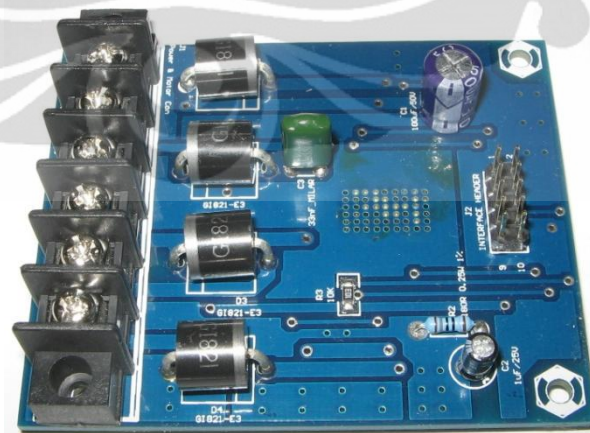
Perangkat keras yang digunakan terdiri dari MikroAVR 8535 bertugas mengatur sinyal input dan output. Pemilihan mikrokontroler ATmega8535 ini didasarkan pada kebutuhan yang hanya untuk menggerakkan satu motor *stepper* dengan memori *flash* yang mencukupi yaitu 8kb dengan 32 Pin I/O dibanding ATmega16 dengan memori *flash* lebih besar 16kb. ATmega8535

banyak digunakan untuk system yang kompleks dibandingkan ATTINY2313 yang hanya digunakan untuk system relatif sederhana karena memori *flash* yang kecil 2kb.



Gambar 4.5 MikroAVR 8535

Kemudian sinyal output yang dihasilkan mikrokontroler untuk menggerakkan motor *stepper* yang dalam penelitian ini melalui EMS (*Embedded Module Series*) 5A *H-Bridge* merupakan driver *H-Bridge* yang didesain untuk menghasilkan drive 2 arah dengan arus kontinu hingga 5A pada tegangan 5Volt sampai 40Volt. Dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. Modul ini dapat men-drive beban-beban induktif seperti misalnya motor DC, motor *stepper*, koil relay, selenoida, dan beban-beban lainnya.



Gambar 4.6 Driver motor DC *H-Bridge* 5A

Dalam driver tersebut hanya terdapat 2 pin output untuk mengendalikan motor, oleh karena itu dalam penelitian ini menggunakan 2 unit modul.

Universitas Indonesia

Distribusi daya yang digunakan, MikroAVR 8535 menggunakan daya dari PC melalui usb, sedangkan untuk motor *stepper* maka dibutuhkan *power supply* terpisah dengan daya 12 Volt dan arus 10 Ampere. Hal ini untuk menghindari kerusakan total jika terjadi kerusakan.



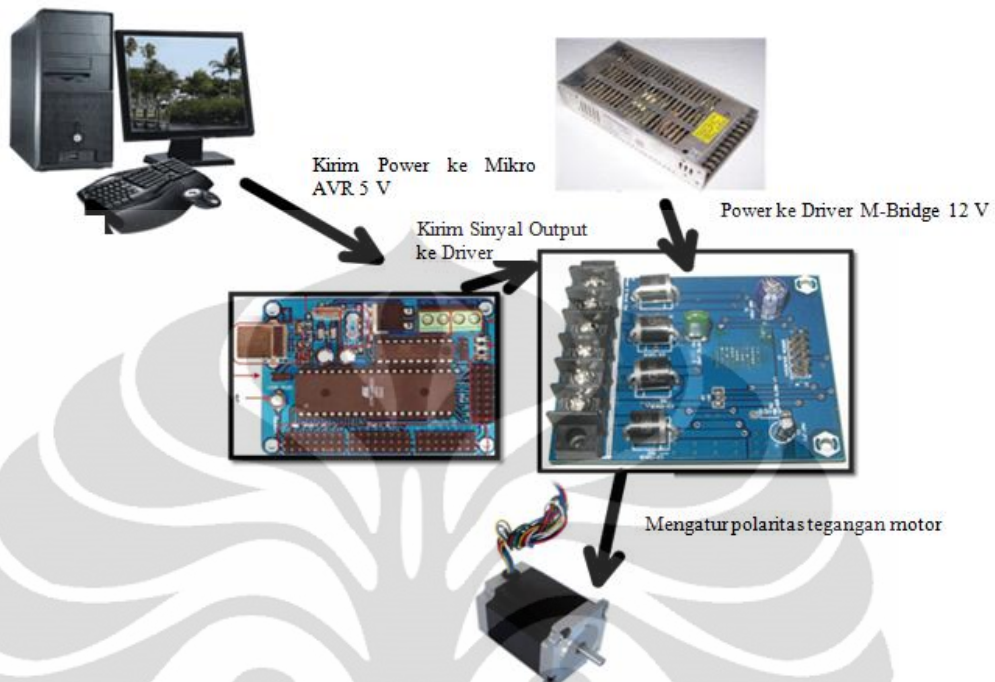
Gambar 4.7 Power Suplay

Dalam penelitian ini digunakan motor *stepper* bipolar NEMA23 dengan arus 3A dan torsi 2.8Nm. Driver H-Bridge yang digunakan cukup kuat karena dengan arus kontinu 5A pada tegangan 5 Volt s.d. 40 Volt cukup kuat karena beban induktif yang di-*drive* hanya arus 3A dengan *power supply* terpisah yang didistribusikan yaitu 12 Volt. Seperti yang terlampir pada *datasheet* 5A H-Bridge bahwa tegangan output yang diijinkan melalui pin MCS adalah 0 s.d. 2.5 Volt. Berdasarkan persamaan berikut,

$$I = \frac{\text{Tegangan output pada pin MCS}}{180} \times 375$$

Maka dengan $I = 3A$ didapat tegangan output pada pin MCS adalah 1.44 Volt. Pin MCS bertugas memberikan feedback output tegangan analog yang berbanding lurus dengan arus beban ke IC.

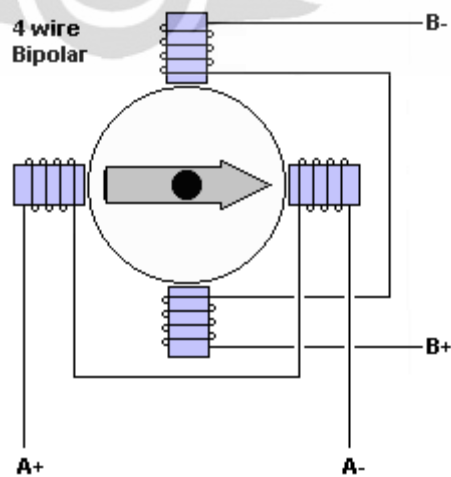
Skema lengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Skema perangkat keras kontrol putaran motor *stepper*

4.3.2 Kontrol Putaran Motor

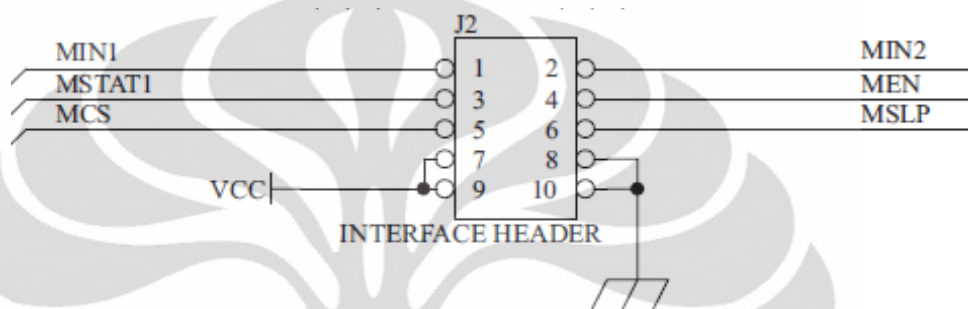
Perangkat lunak yang digunakan adalah *CodeVision AVR* yang menggunakan bahasa pemrograman C untuk mengendalikan putaran motor. Motor yang digunakan adalah motor *stepper* bipolar dengan ketelitian $1,8^{\circ}$ per step.



Gambar 4.8 Konsep model motor *stepper* bipolar

Universitas Indonesia

Pada prinsipnya untuk menggerakkan motor seperti yang sudah dibahas di bab 2 adalah dengan mengaktifkan setiap kumparan secara bergantian. Dari *datasheet* motor driver *H-Bridge* pada tabel kebenaran dapat dilihat bahwa untuk menggerakkan motor dengan cara memberikan sinyal *high* dan sinyal *low* secara bergantian pada MIN1 dan MIN 2.



Gambar 4.9 Interface Header (*Datasheet* Driver Motor *H-Bridge* terlampir)

Maka urutan data untuk mengaktifkan putaran dengan mengaktifkan kumparan-kumparan secara berurutan, dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Urutan Data untuk Input ke Motor *Stepper* Bipolar berputar berlawanan arah jarum jam

	MIN1	MIN2
Kumparan A+	HIGH	LOW
Kumparan B-	HIGH	LOW
Kumparan A-	LOW	HIGH
Kumparan B+	LOW	HIGH

Pengaturan kecepatan dengan merubah nilai delay pada pemograman di bahasa c gambar 4.10 berikut.

```

waktu=15;

for(a=0;a<=100;a++)

{

    PORTA=0b00001101; delay_ms(waktu);

    PORTB=0b00001110; delay_ms(waktu);

    PORTA=0b00001110; delay_ms(waktu);

    PORTB=0b00001101; delay_ms(waktu);

}

```

Gambar 4.10 Pemrograman C untuk control motor *stepper*

Waktu sebenarnya dihitung menggunakan *stopwatch*. Hubungan antara delay dan waktu sebenarnya ditunjukkan pada tabel 4. 5 berikut.

Tabel 4.5 Hubungan delay dan waktu

Delay	Waktu sebenarnya
10	25.70s
15	36.93s
20	49.98s
25	62.74s
30	76.13s

4.4 DETEKSI CITRA

Untuk deteksi citra dan pengolahan citra menggunakan program untuk mengendalikan CCD kamera *GUPPY PRO F302B* yang dibuat dengan perangkat lunak Microsoft Visual C++.



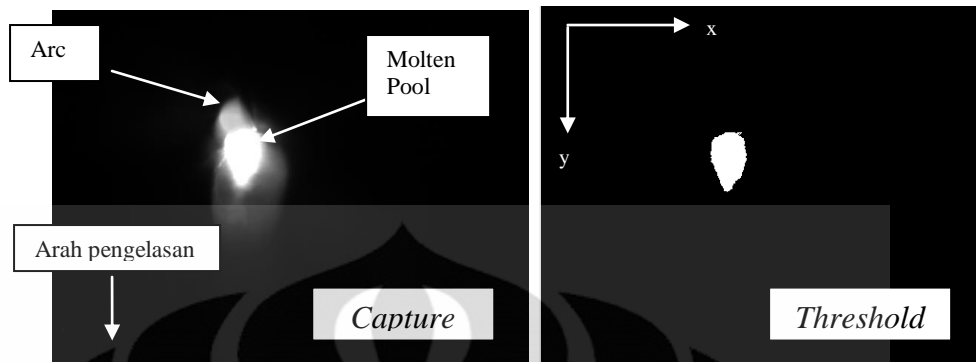
Gambar 4.9 Preview program buatan untuk mengendalikan citra

Algoritmanya adalah sebagai berikut.

- a) *Asynchoronus mode* diaktifkan untuk kamera
- b) *Acquire* kamera dirubah ke kondisi *TRUE*
- c) Deklarasi *i* sebagai integer
- d) Melakukan looping dari $i=9$ sampai dengan $i =1541$. Jumlah looping ini disesuaikan dengan waktu dalam satu putaran.
- e) Saat looping berjalan maka menggunakan fungsi *switch (i)* dan *case break* untuk mengendalikan pengambilan citra secara berulang dan tersimpan dalam nama file yang berbeda.
- f) Setiap gambar yang tersimpan masuk dalam looping pengolahan citra. Pengolahan yang pertama adalah dengan metode *Thresholding*. Sesuai Persamaan 2.1 :

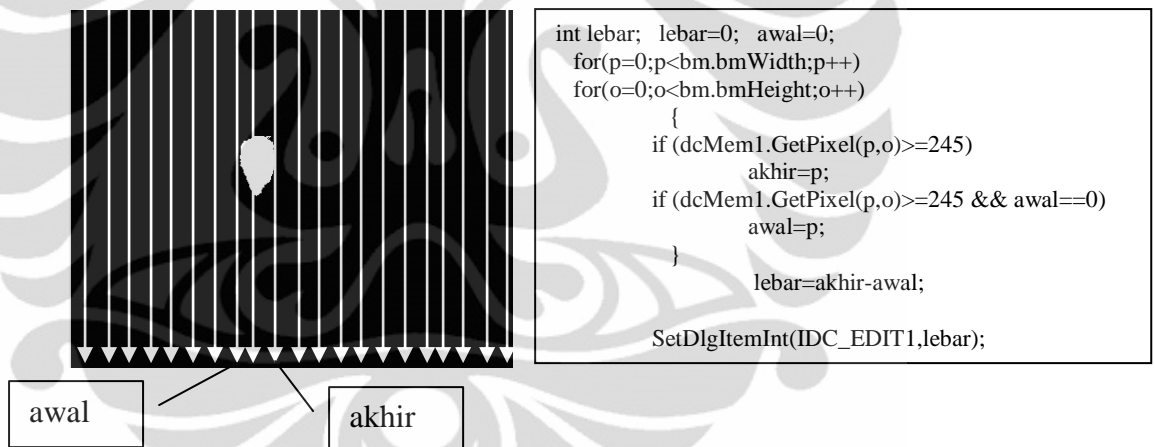
$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases}$$

Dengan x dan y menunjukkan posisi dan T adalah nilai batasan piksel yang dalam hal ini ditentukan $T=245$.



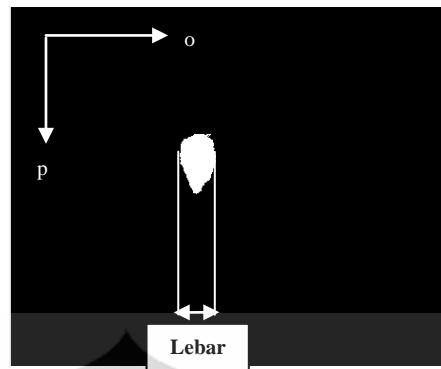
Gambar 4.11 Hasil *Capture* dan *Threshold*

- g) Hasil *thresholding* kemudian discanning dengan memeriksa setiap kolom gambar yang menemukan piksel yang bernilai >245 untuk di *labeling* untuk setiap kolom yang ditemukan.



Gambar 4.12 Proses Scanning dan labeling

- h) diukur lebar kolom las dengan mengitung selisih posisi label akhir dan label awal.



Gambar 4.13 Pengukuran lebar manik las

4.5 PENGUJIAN PENGELASAN

4.5.1 Pengujian Kontrol Kecepatan Pada Motor *Stepper*

Kecepatan pada motor stepper dikontrol dengan mengatur delay dan membuat 5 variasi yang kemudian dikalibrasi ke waktu sebenarnya dan jarak tempuh yang merupakan keliling dari pipa, maka didapatkan kecepatan dari masing-masing variasi. Hasil variasi dan kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Variasi kecepatan dan jumlah gambar per step 4^0 putaran

Variasi Delay	banyak gambar	θ per gambar	waktu (s)	keliling (mm)	v (mm/s)	jarak antar gambar	total gambar
10	99	3,636364	25,7	114,3	4,447471	1,1	90
15	134	2,686567	36,93	114,3	3,095045	1,488889	90
20	142	2,535211	49,98	114,3	2,286915	1,577778	90
25	154	2,337662	52,74	114,3	2,167235	1,711111	90
30	237	1,518987	75,13	114,3	1,521363	2,633333	90

4.5.2 Pengujian Sistem Prototipe Pengelasan Dengan Beban

Pada pengujian pengelasan terdapat beberapa parameter-parameter konstan, diantaranya seperti yang terlihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Sifat Material dan Parameter Pengelasan [12]

Sifat Material dan Parameter Pengelasan	
Base metal	Mild steel
Diameter Pipa (mm)	101.6
Tebal Pipa (mm)	8
Massa Jenis (g/cm ³)	7.85
Titik Leleh (°C)	1371 – 1454
Konduktifitas Termal (W/m.K at 25 ⁰ C)	24.3 – 65.2
Mesin Las	DC
I (A)	150
V (volt)	22
Gas Pelindung	CO ₂
Flow Gas Pelindung(l/min)	2,5
Elektroda diameter (mm)	1.2
Wire Feeder Speed (mm/s)	63
Jarak Tip (mm)	40

Hasil uji pembebanan, prototipe berjalan dengan baik, pada Prototipe yang lama terdengar hentakan pasangan spur gear yang keras terhadap rel jalur las, hal ini disebabkan karena transmisi putaran spur gear langsung ke rel jalur las. [3]. Sedangkan pada prototipe hasil perbaikan desain hentakan tidak terdengar kasar dan juga tidak terjadi backlash karena sudah tereduksi dengan rasio gear 1:2. Sistem Prototipe berjalan dengan baik. Namun untuk kedepannya agar diperhatikan panjang kabel torch GMAW dan posisi kamera dengan dudukannya agar diperhatikan kestabilan posisi kamera..

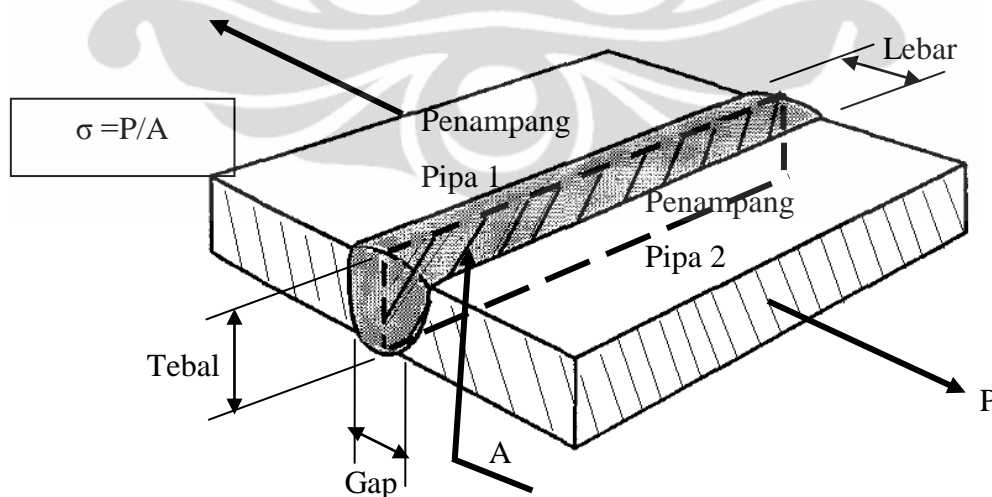
4.5.3 Hasil Pengujian Pengelasan

Sistem kalibrasi dilakukan terhadap satu posisi derajat putaran untuk mengetahui konversi besaran nilai piksel ke millimeter (mm). Dapat dilihat pada tabel berikut bahwa nilai 1piksel sebanding dengan 0.12 mm.

Tabel 4.8 Kalibrasi menggunakan delay 10 dan posisi 12⁰

θ	w actual (mm)	w vision (pixel)
12	4	33

Setelah proses pengelasan selesai, maka untuk mendeteksi *defect* dari *surface* salah satunya dengan mengamati *face of weld* dengan permukaan penampang pipa, dilihat dari tingkat *smoothly* dengan *base metal*. Dilihat pada gambar 4.14, semakin tebal hasil pengelasan maka nilai luas (A) semakin besar. Hal ini berdampak pada nilai stress (σ) yang semakin kecil, artinya penetrasi semakin dalam dan semakin kuat. Namun nilai tebal tersebut ada batasannya sesuai standar pengelasan yang ada. Kedalaman penetrasi ini pun ditentukan dari pengisian *filler* elektroda ke dalam gap yang telah dibuat. Kendala dalam pengelasan pipa adalah panas pada benda kerja yang berbeda antara titik awal dan titik akhir pengelasan. Oleh karena itu tidak dapat dilakukan dalam kecepatan yang konstan [12]. Jika dilakukan dalam kecepatan konstan akan terjadi ketidakseragaman lebar hasil pengelasan. Dengan asumsi dengan pengelasan *single pass* atau *single layer*, maka lebar tersebut dapat mengindikasikan penetrasi dan tebal yang dihasilkan dengan dilakukan pengukuran secara visual. Sesuai tabel 4.9 untuk diameter pipa 4 inchi, lebar *face reinforcement* adalah 4.8 mm [13]. Semakin seragam lebar manik las dalam pengelasan maka semakin kecil kemungkinan untuk adanya porositas dan penetrasi yang dangkal. Oleh karena itu dalam penelitian ini diukur dari lebar hasil pengelasan baik secara visual aktual maupun dengan *machine vision*.

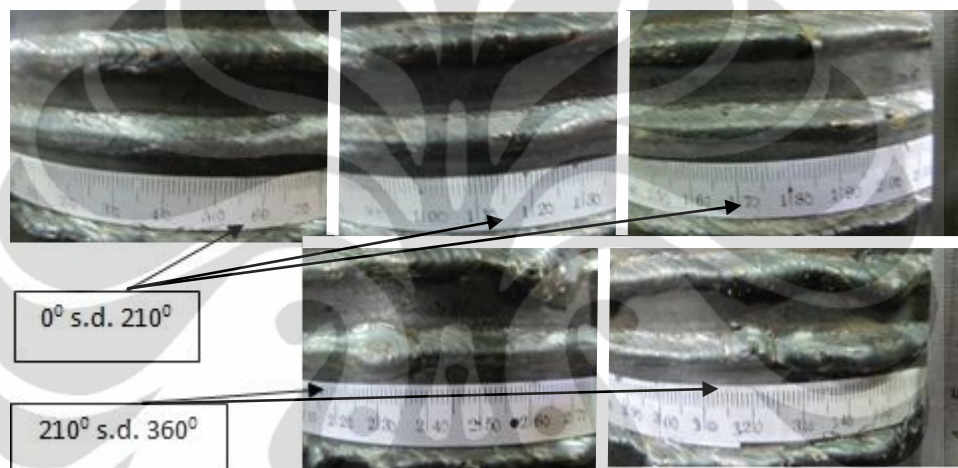


Gambar 4.14 Potongan Penampang Pipa untuk *Single Pass* Penetrasi Pada Pengelasan [14]

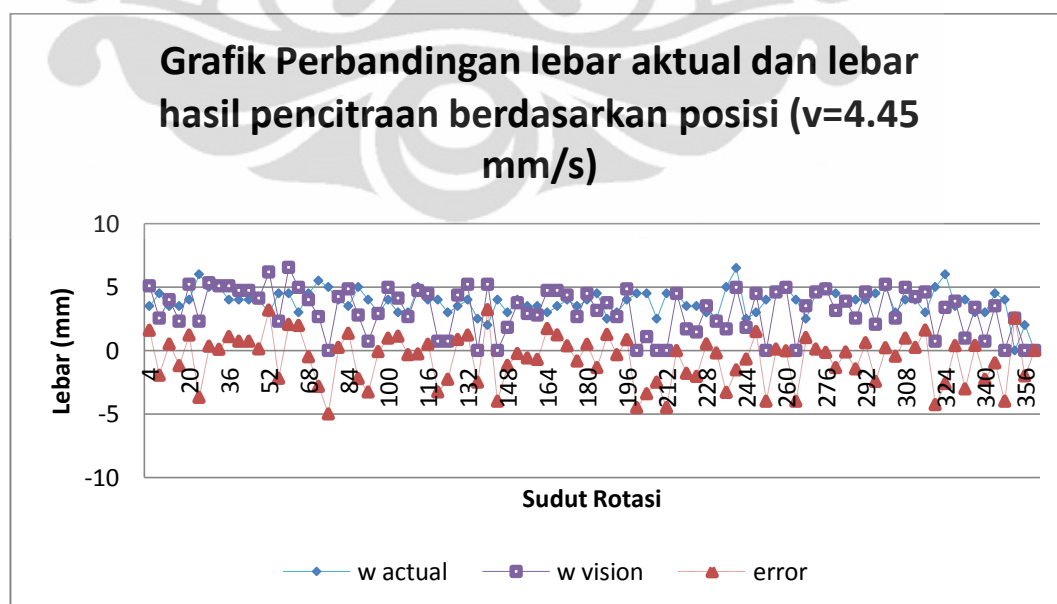
Tabel 4.9 Standar *Face reinforcement* Berdasarkan Diameter Pipa [13]

Diameter Pipa (in.)	Lebar <i>Face Reinforcement</i> (mm)
0.5 s.d. 1	2.4
2 atau 3	3.2
4 dan selebihnya	4.8

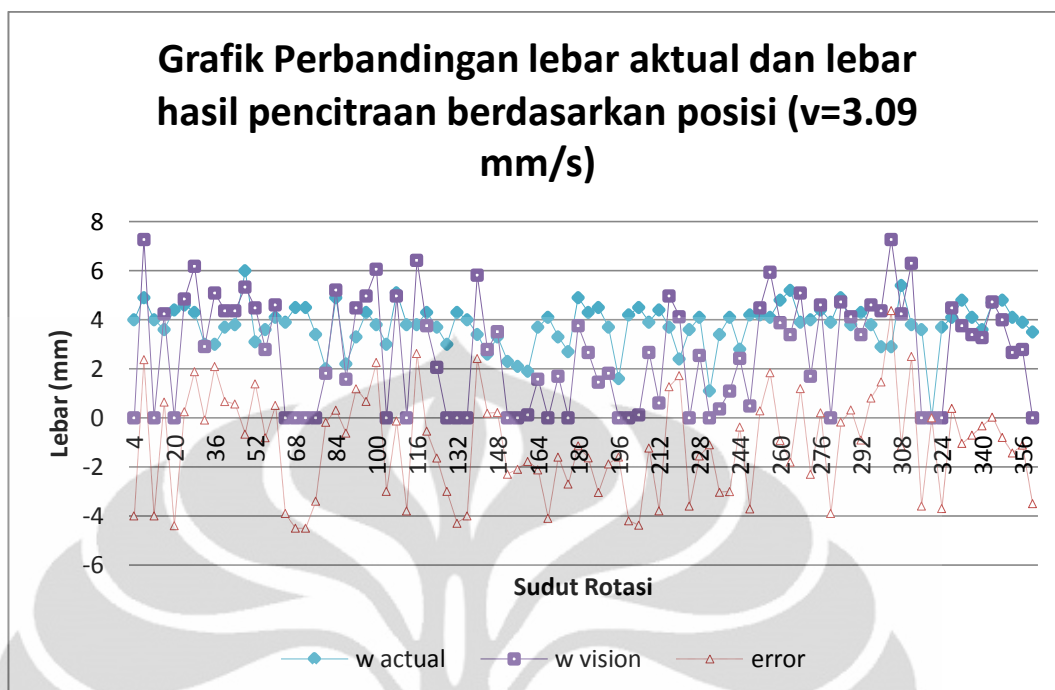
Tabel hasil pengukuran lebar aktual dan lebar hasil citra dapat dilihat pada lampiran dan berikut adalah grafik perbandingan dan nilai errornya untuk masing-masing kecepatan.



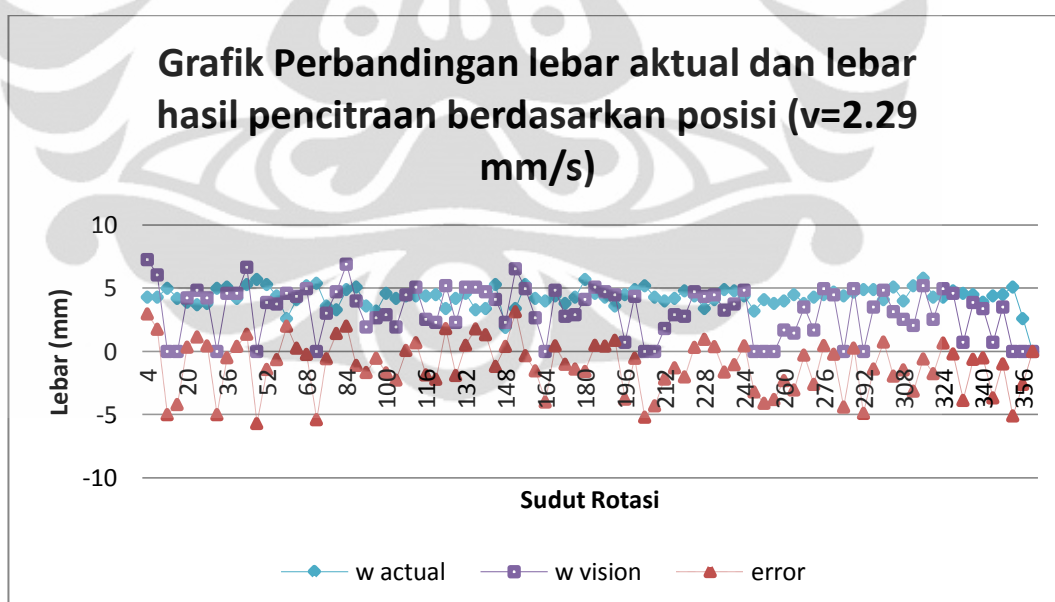
Gambar 4.15 Pengukuran Aktual lebar hasil pengelasan pada posisi 0° s.d. 360°



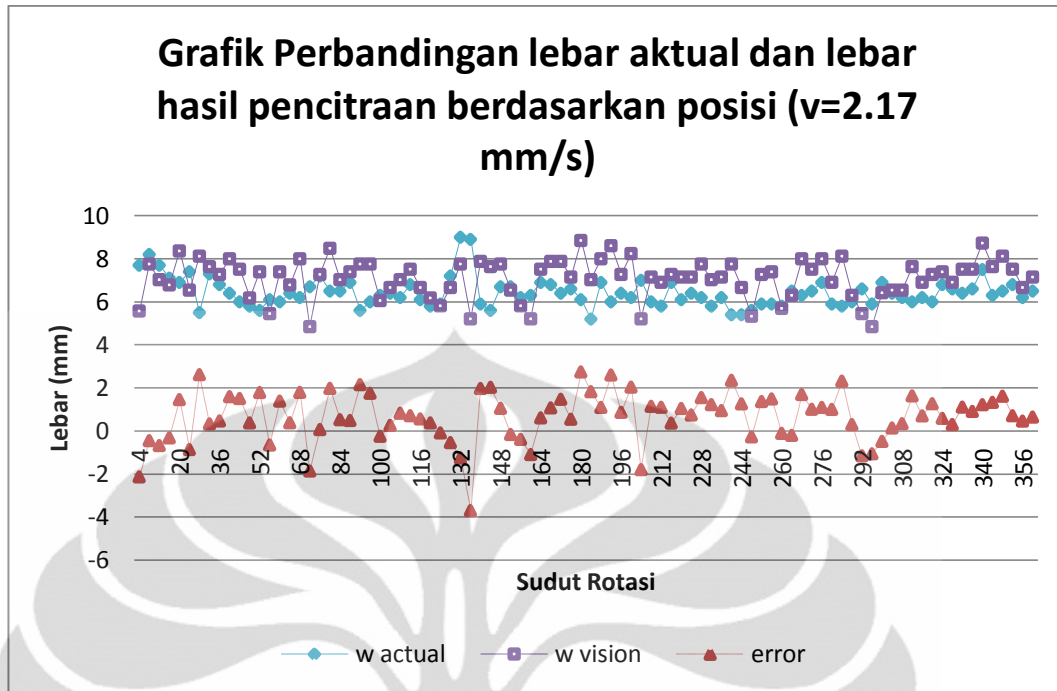
Gambar 4.16 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 4.45 mm/s



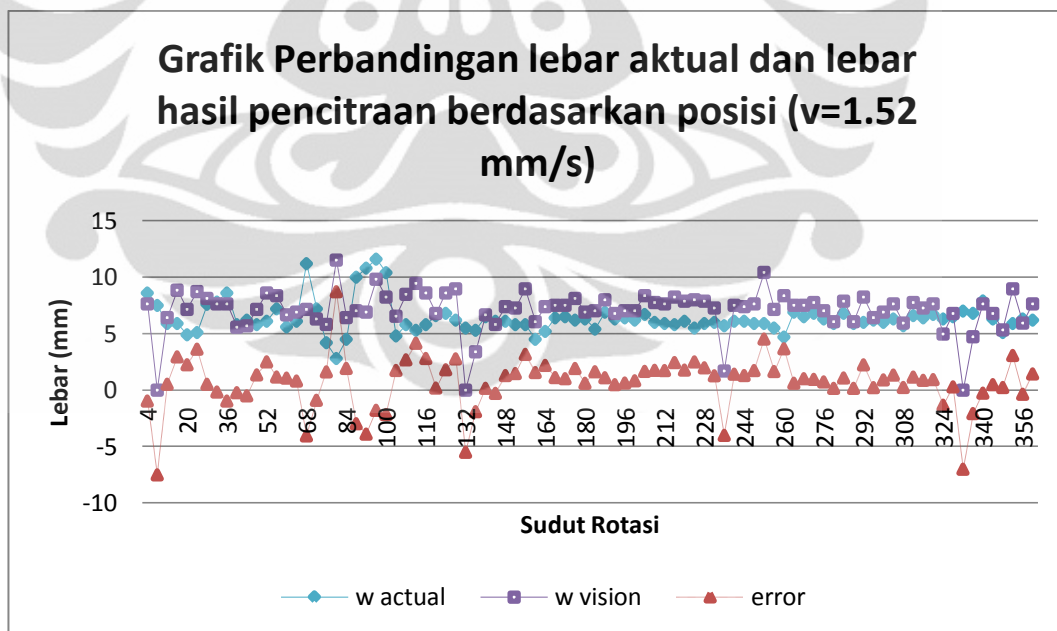
Gambar 4.17 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 3.09 mm/s



Gambar 4.18 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 2.29 mm/s



Gambar 4.19 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 2.17 mm/s



Gambar 4.20 Grafik perbandingan hasil pengukuran manik las kecepatan 1.52 mm/s

Berdasarkan perbandingan grafik diatas yang merupakan hasil terbaik yaitu dengan kecepatan 2.17 mm/s. Dengan nilai error terendah yaitu 0.66 mm seperti

yang terlihat pada tabel 4.10 berikut ini. Error yang sama didapat pada kecepatan 4.45 mm/s yaitu -0.66 mm. Namun hasil lebar manik las lebih kecil dengan rata-rata 3.81 mm dibanding dengan lebar 6.43 mm yang dihasilkan kecepatan 2.17 mm/s. Namun dalam aplikasinya disesuaikan dengan kebutuhan pengguna untuk lebar yang dibutuhkan. Berikut ini adalah tabel dari hasil pengujian dari beberapa data pengukuran manik las.

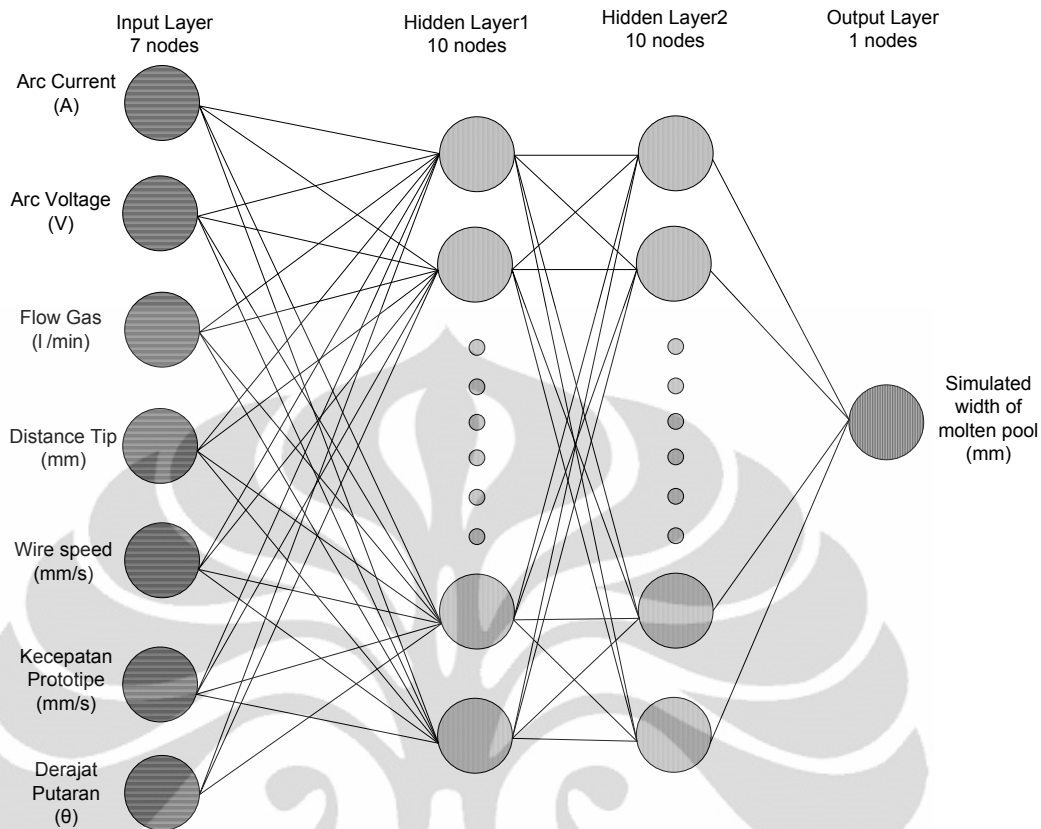
Tabel 4.10 Nilai rata-rata dari hasil pengukuran

Nilai Rata-rata lebar berdasarkan kecepatan (v)				
v (mm/s)	w actual (mm)	w vision (mm)	Error (mm)	Standard Deviasi (mm)
4.45	3,81	3,15	-0,66	1,901801455
3.09	3,75	2,66	-1,09	2,103581846
2.29	4,29	3,17	-1,12	2,070953569
2.17	6,43	7,09	0,66	1,132040868
1.52	6,37	7,07	0,70	2,293496646
Rata-Rata Total	4,93	4,63	-0,30	1,90

Rata-rata error seluruh pengujian yaitu -0.30 mm dengan standar deviasi 1.90 mm.

4.5.4 Optimasi lebar dengan *Modeling Jaringan Saraf Tiruan*

Optimasi dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter seperti arus dan tegangan yang digunakan dalam pengelasan, jarak tip, *wire speed*, aliran gas pelindung dan posisi mengacu pada lebar yang diinginkan dan melihat keseragamannya sebelum memulai pengelasan GMAW. Data lebar aktual yang dihasilkan dari pengujian dijadikan sebagai output dan parameter lainnya sebagai input dalam optimasi *modeling* untuk dilakukan proses *training*. Menentukan jumlah *hidden layer* merupakan tugas yang sulit, Banyak masalah diselesaikan dengan lebih dari satu *hidden layer* untuk penyelesaian yang lebih baik [15]. Pemilihan jumlah nodes (h) mengikuti persamaan $h \geq (p-1)/(n+2)$, p adalah jumlah data yang di *training* dan n adalah jumlah *input* [16]. Berdasarkan persamaan tersebut dengan jumlah data 150 dan input 7 maka jumlah nodes minimal adalah 17 nodes. Dalam *training* ini jumlah keseluruhan nodes dalam *hidden layer* adalah 20 nodes.



Gambar 4.21 Skema *Modeling* Jaringan Saraf Tiruan

Dalam *modeling* ini menggunakan pemrograman (terlampir) dengan Matlab dengan parameter nilai *epoch* 3000, nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* 0.001, dan nilai *training rate* 0.05. Dengan parameter yang sama seperti yang terlihat pada gambar 4.22, sebelumnya dilakukan dengan satu hidden layer dan 20 nodes, namun nilai RMSE hanya mencapai 0.00250 pada iterasi maksimum 3000 dan dengan waktu 461 detik. Oleh karena itu dibuat 2 hidden layer dengan masing-masing 10 nodes dan pencapaian RSME 0.001 di iterasi 588 dengan waktu 81 detik. Data yang digunakan terlampir dalam lampiran. Dan dilakukan normalisasi dengan mengkonversi nilai ke 0.1 s.d 0.9 dengan perhitungan sebagai berikut.

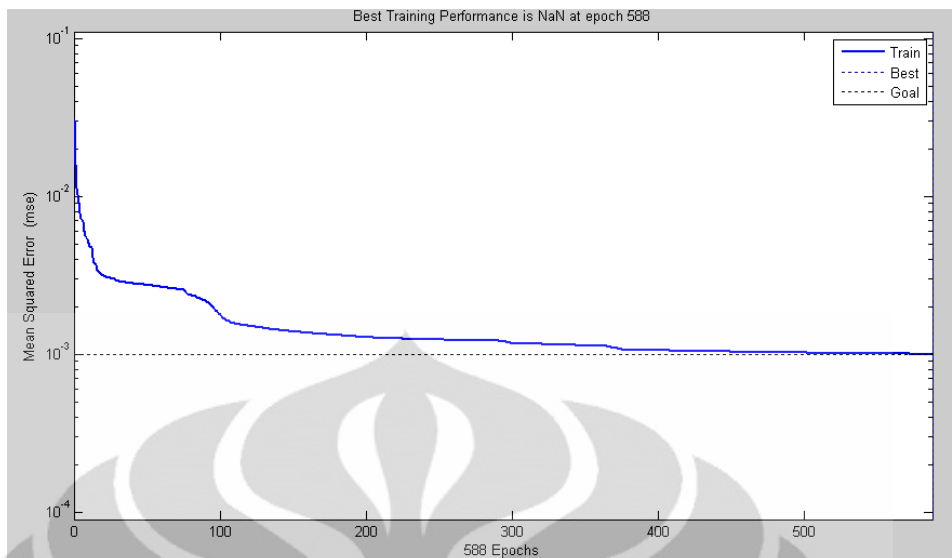
$$Data\ Training = \frac{(0,9 - 0,1) \times (Data\ Original - Data\ Minimum)}{Data\ Maksimum - Data\ Minimum} + 0.1$$

Training dan simulasi menggunakan pemrograman yang telah dibuat (terlampir) dengan MATLAB Version 7.6.0.324.



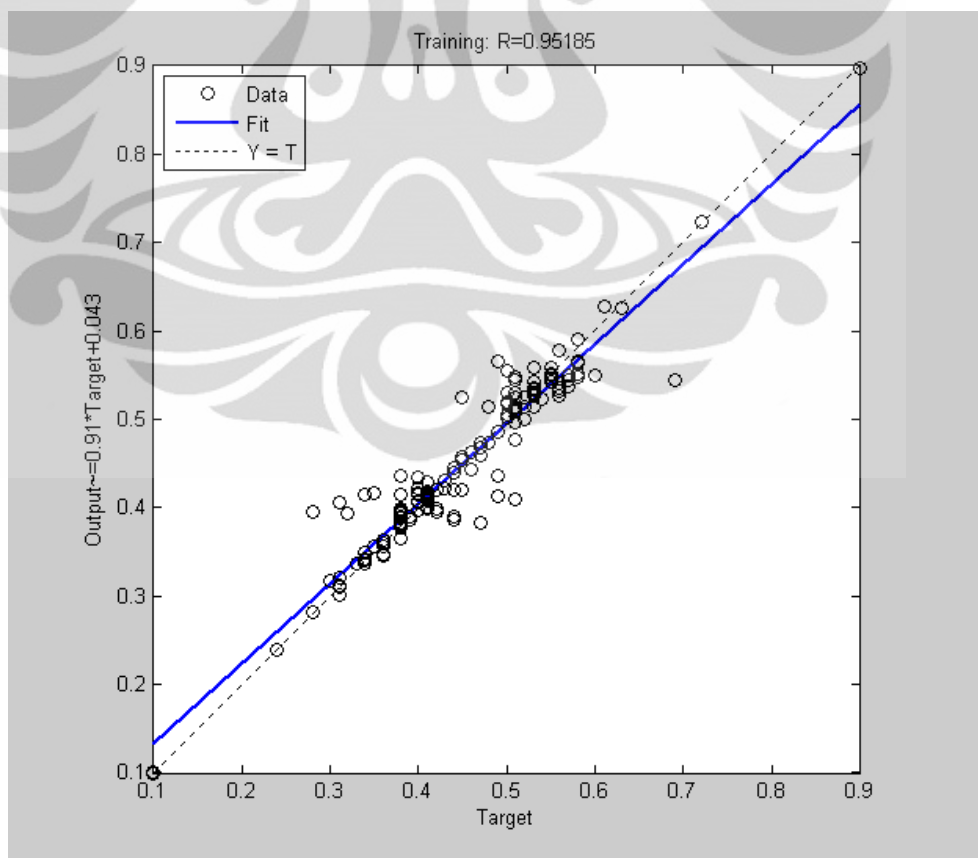
Gambar 4.22 Proses optimasi dengan jaringan saraf tiruan dengan 1 *hidden layer* (kiri) dan 2 *hidden layer* (kanan)

Hasil dari proses *Training* disajikan dalam grafik berikut.



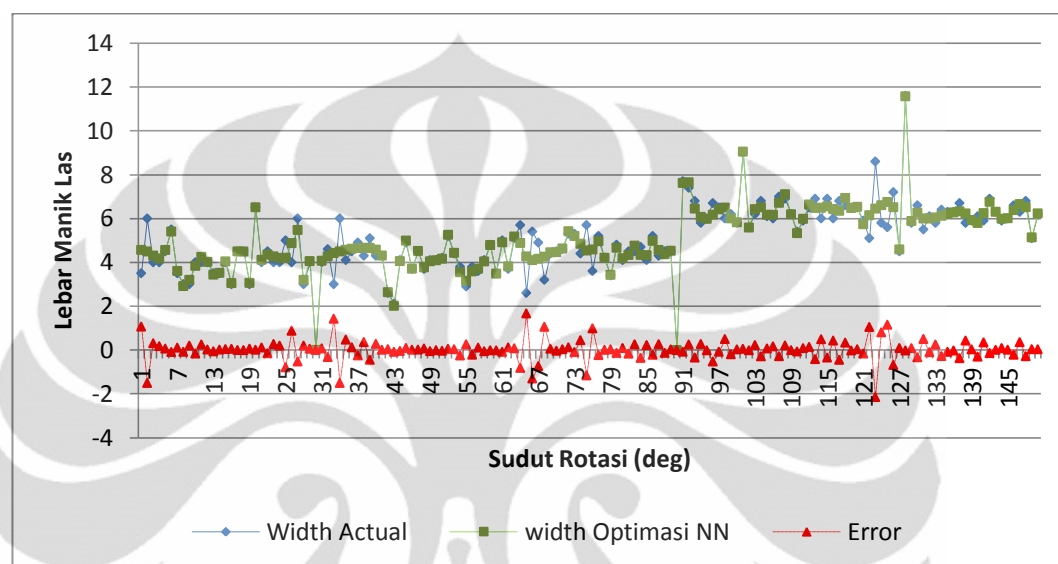
Gambar 4.23 Grafik *Mean Square Error*

Gambar 4.23 menunjukkan proses *Learning* dicapai pada iterasi ke 558 dengan waktu *learning* 81 detik.



Gambar 4.24 Grafik *Curve Fitting*

Dapat dilihat pada gambar 4.24 menunjukkan nilai R mencapai 0.95185 merupakan hasil yang baik karena mendekati nilai 1. Setelah tahap learning maka disimulasikan dengan data yang sama dengan data learning, maka dapat dilihat pada gambar 4.25, nilai rata-rata error yang dicapai adalah 0.005 mm dengan standar deviasi 0.4671 mm.



Gambar 4.25 Grafik Hasil Optimasi Lebar Aktual dengan Jaringan Saraf Tiruan

Kemudian dilakukan simulasi lainya masih dalam hasil *learning* yang sama (program yang sama) dengan mengubah 6 parameter seperti arus pengelasan, tegangan pengelasan, *shielding flow gas*, *wire speed*, jarak tip, sudut rotasi, dan 1 parameter tetap (sesuai data pengukuran aktual), seperti terlihat pada tabel berikut.

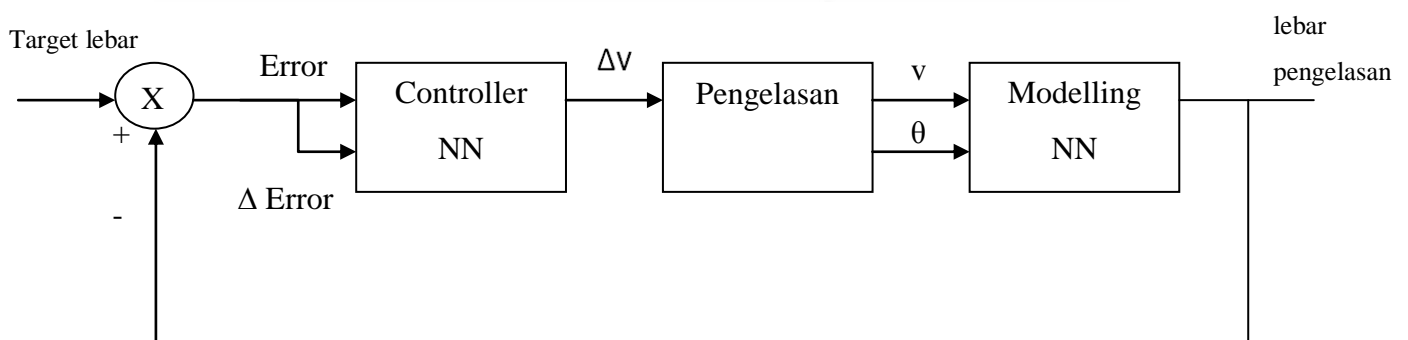
Tabel 4.11 Tabel Simulasi Uji Coba Pengelasan dengan Parameter Peubah

I (A)	V (Volt)	Flow Gas (l/mi n)	Tip (mm)	Wire Speed (mm/s)	v (m m/s)	θ	Target Width optim asi NN (mm)	Hasil Width Optim asi NN (mm)	Error (mm)	Paramet er Peubah
150	22	2.5	40	63	4.45	24	4.5	4.49	-0.01	tetap
170	22	2.5	40	63	4.45	24	4.5	4.49	-0.01	I
150	30	2.5	40	63	4.45	24	4.5	4.49	-0.01	V
150	22	4	40	63	4.45	24	4.5	4.49	-0.01	Flow gas
150	22	2.5	50	63	4.45	24	4.5	4.49	-0.01	tip
150	22	2.5	40	70	4.45	24	4.5	4.49	-0.01	wire speed
150	22	2.5	40	63	4.45	30	4.5	4.44	-0.06	θ

Simulasi ini untuk menguji tercapainya target yang diinginkan yaitu 4.5 mm. Hasilnya rata-rata error hasil pengujian adalah -0.01 mm dan standar deviasinya adalah 0.02 mm.

4.5.5 Simulasi Pengelasan (*Feedback Controller*) dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan

Simulasi Pengelasan dengan *Feedback Controller* menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan untuk mendapatkan algoritma yang tepat dalam pencapaian keseragaman hasil lebar pengelasan dengan mengontrol kecepatan pengelasan sebelum diterapkan pada kontrol pengelasan yang sebenarnya. Diagramnya dapat dilihat sebagai berikut.

**Gambar 4.26** Diagram *Feedback Controller* dengan jaringan saraf tiruan

Tabel 4.12 Keterangan Diagram *Feedback Controller* [17]

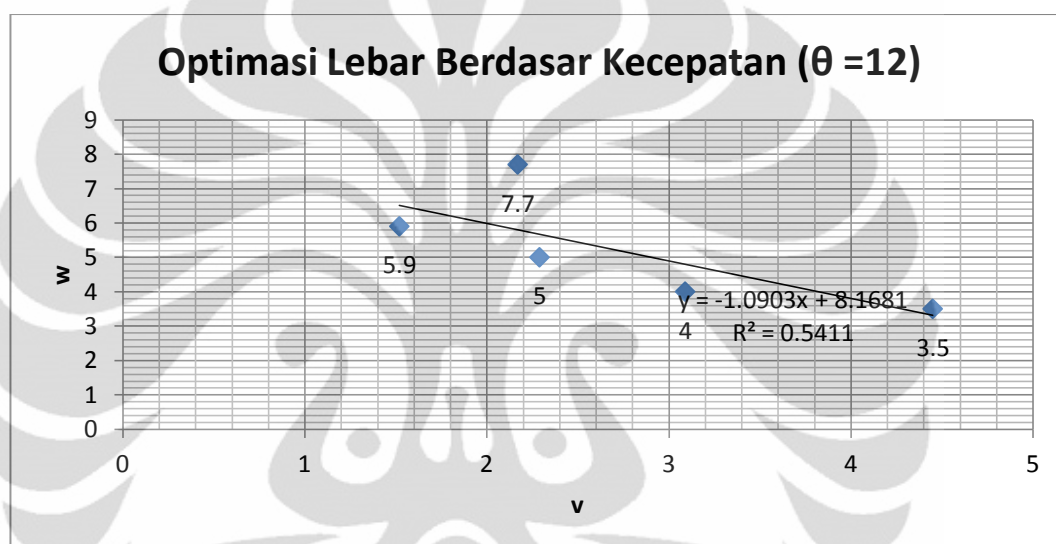
KETERANGAN DIAGRAM	
Jumlah <i>Looping</i>	n
Error (e)	e = target lebar – lebar (n)
Δ Error (Δe)	Δe = lebar (n+1) – lebar (n)

Dilakukan simulasi dengan Jaringan Saraf Tiruan dengan target lebar yang diinginkan adalah 4.5 mm. Data yang digunakan dengan mengambil data lebar aktual berdasarkan 5 variasi kecepatan per 12^0 yang dilakukan penyesuaian kecepatan optimum untuk setiap lebar aktualnya dari Tabel 4.13 dan disajikan dalam grafik regresi linier seperti yang terlihat pada gambar 4.27.

Tabel 4.13 Lebar kolom las (mm) berdasarkan kecepatan

$\theta \setminus v$	4,45 mm/s	3,09 mm/s	2,29 mm/s	2,17 mm/s	1,52 mm/s
12	3,5	4	5	7,7	5,9
24	6	4,6	3,7	7,4	5,1
36	4	3	5,1	6,8	8,6
48	4	6	5,7	5,8	5,8
60	4,5	4,1	2,6	6	5,6
72	5,5	4,5	5,4	6,7	7,2
84	3,5	4,9	4,9	6,5	4,5
96	3	4,3	3,2	6	11,6
108	3	5,1	4,4	6,2	5,8
120	4	4,3	4,5	5,8	6,6
132	4	4,3	4,6	9	5,5
144	4	2,6	5,3	5,6	6,1
156	3,5	2,1	5,3	6,2	5,8
168	3,5	4,1	4,4	6,8	6,4
180	4	4,9	5,7	6,1	6,3
192	3	3,7	3,6	6	6,3
204	4,5	4,5	5,2	7	6,7
216	4,5	3,7	4,2	6,9	5,8
228	3	4,1	3,4	6,2	5,9
240	6,5	4,1	4,8	5,4	6,1
252	4	4,2	4,1	5,9	5,9

264	4,5	5,2	4,5	6,5	6,9
276	4	4,4	4,5	6,9	6,3
288	4	3,8	4,7	6	5,9
300	5	2,9	4,1	6,9	6
312	4	3,8	5,2	6	6,6
324	6	3,6	4,3	6,8	6,3
336	3	4,1	4,5	6,6	6,8
348	4	4,8	4,5	6,5	5,1
360	0	3,5	0	6,5	6,2



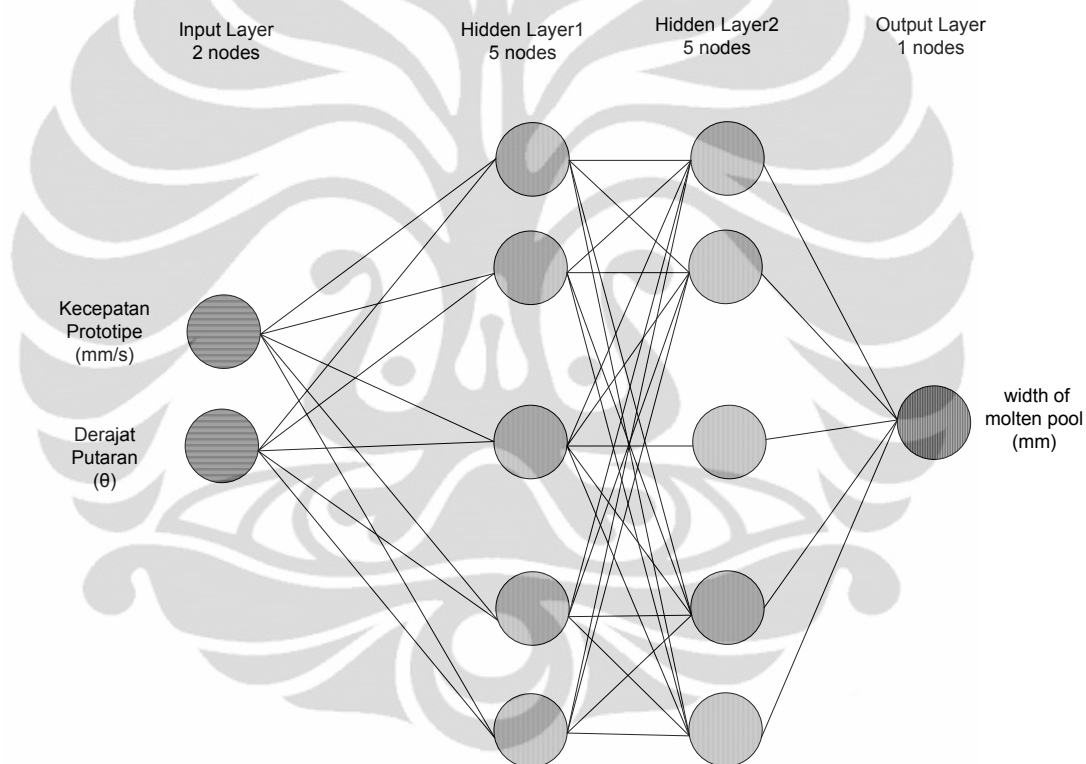
Gambar 4.27 Grafik optimasi kecepatan pada setiap lebarnya di posisi sudut 12°

Dari Grafik diatas titik lebar 5.9 mm ditarik ke garis optimum dan didapatkan kecepatan optimumnya pada axis 'v'. Demikian juga untuk titik lebar yang lainnya. Hasilnya seperti yang terlihat pada tabel 4.14 berikut.

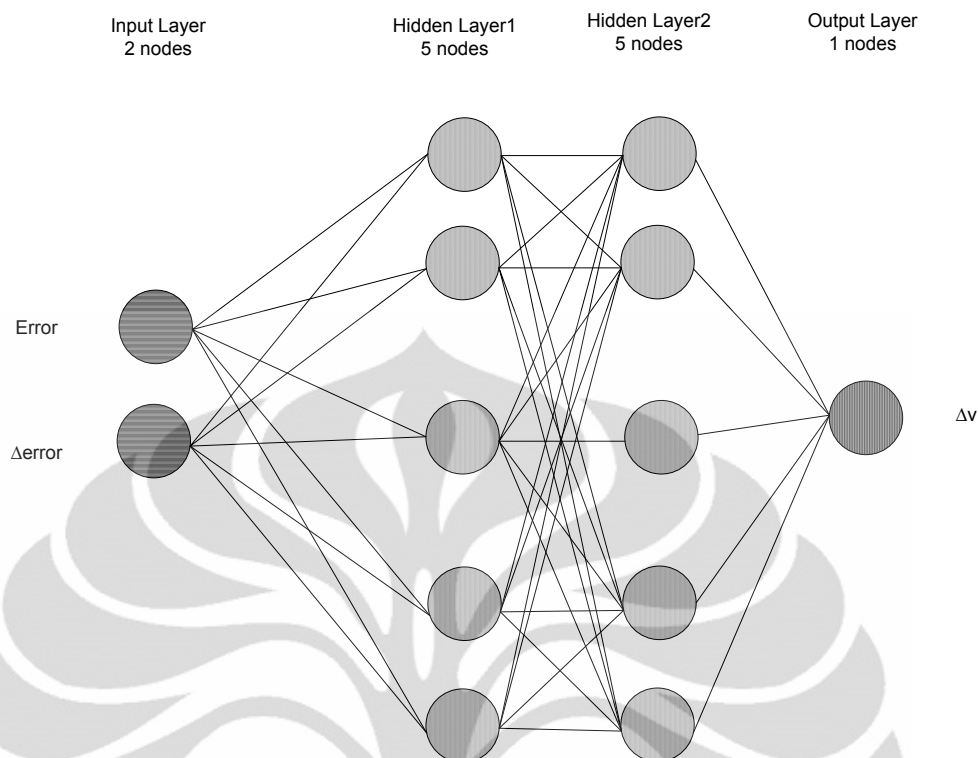
Tabel 4.14 Optimasi kecepatan pada setiap lebar aktual

w (mm)	v (mm/s)	Δv (mm/s)
3.5	4.282569	0.917431
4	3.823853	0.458716
5	2.906422	-0.45872
7.7	0.429358	-2.93578
5.9	2.080734	-1.2844

Hal serupa dilakukan untuk setiap posisi derajat putaran dengan jarak per 12° . Dan hasilnya disajikan dalam tabel pada lampiran tanpa dinormalisasi. Proses simulasi dilakukan dengan kecepatan konstan 4.45 mm/s dari sudut rotasi 0° s.d. 5° . Kemudian dari 6° s.d. 360° dilakukan perubahan kecepatan nilai error dan perubahan nilai error berdasarkan dengan selisih target lebar dan nilai lebar akhir yang dihasilkan. Pada proses simulasi saat pengelasan waktu kamera untuk *capturing* adalah 0.01 detik, sedangkan waktu yang diatur dalam *Controller NN* adalah 0.01 detik. Berikut adalah skema jaringan saraf tiruan pada '*Controller NN*' dan '*Modelling NN*' pada simulasi pengelasan ini.



Gambar 4.28 Skema Jaringan Saraf Tiruan '*Modeling NN*'

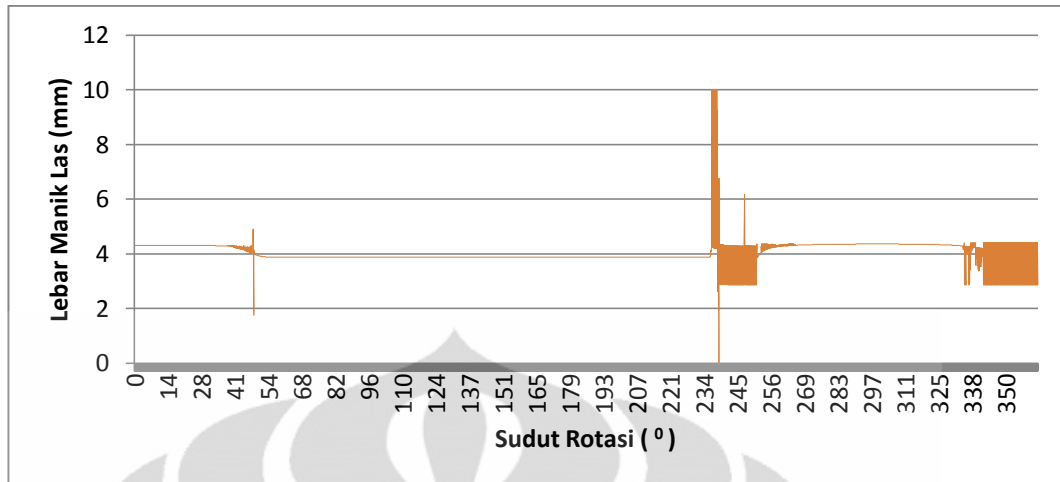


Gambar 4.29 Skema Jaringan Saraf Tiruan 'Controller NN'

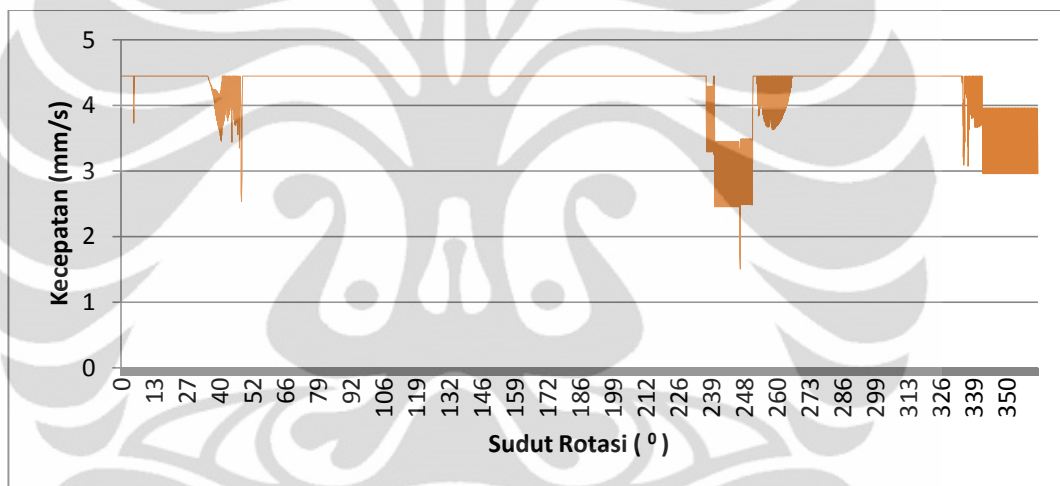
Berikut adalah parameter yang digunakan selama simulasi pengelasan dan grafik hasil simulasi pengelasan.

Tabel 4.15 Parameter Simulasi Pengelasan dengan Jaringan Saraf Tiruan

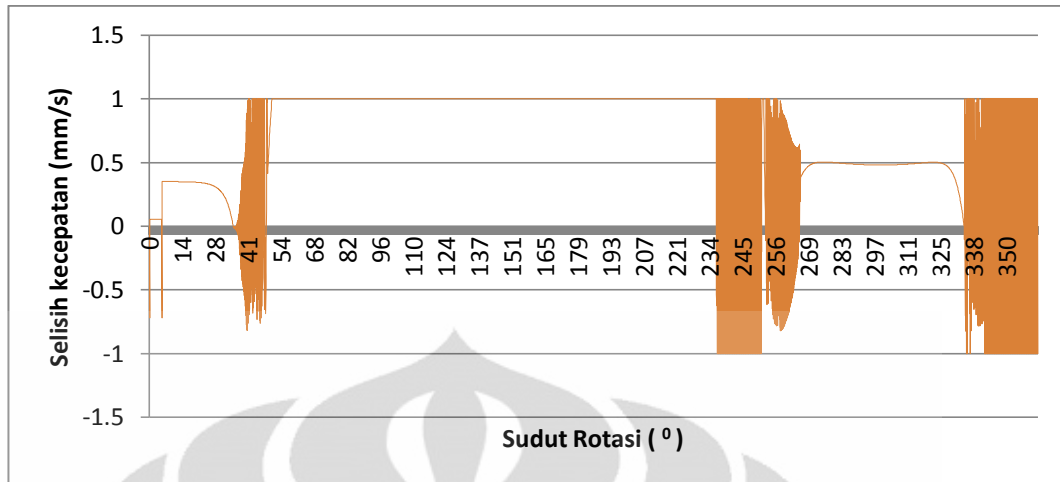
Parameter Simulasi Pengelasan		
	Controller	Modelling
Iterasi	3000	3000
RMSE	0.00658	0.3
average	0	0
stdev	0.08	0.55
lr	0.005	0.05
mc	0.85	0.9
V awal	4.45	
Vmin	1.5	
Vmaks	4.45	
tIP	0.01	
tC	0.01	



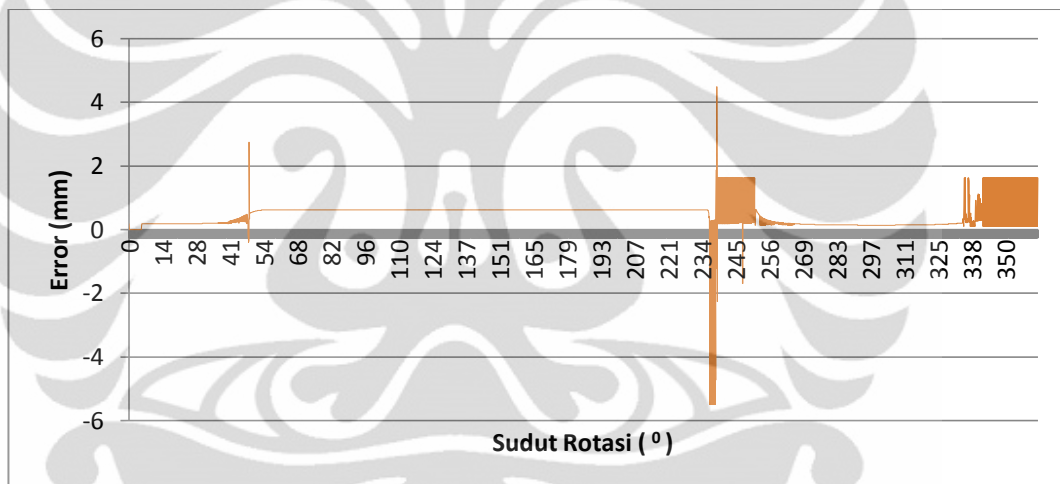
Gambar 4.30 Grafik perubahan lebar (Sumbu-y) terhadap sudut rotasi 0° s.d 360° (Sumbu-x)



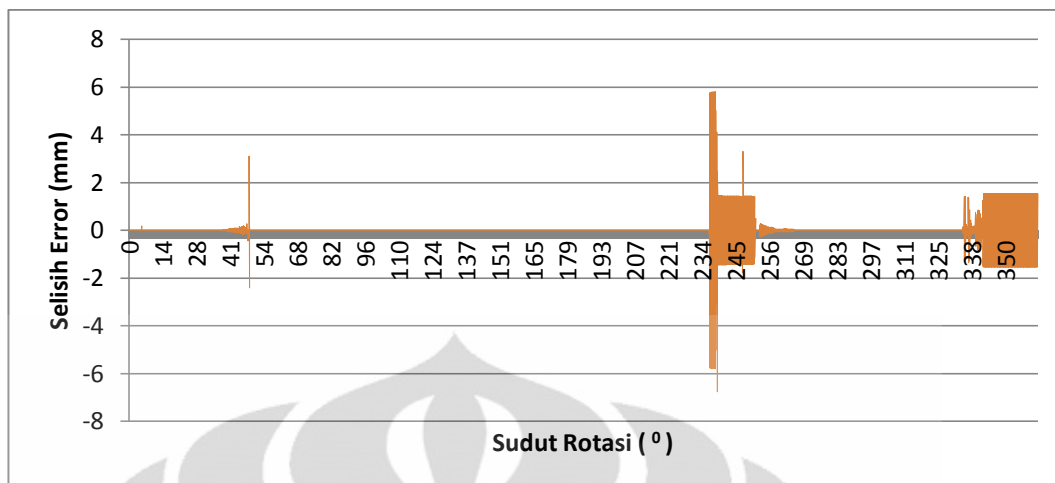
Gambar 4.31 Grafik nilai kecepatan terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0° s.d 360° (Sumbu-x)



Gambar 4.32 Grafik Perubahan kecepatan terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0° s.d 360° (Sumbu-x)



Gambar 4.33 Grafik nilai error terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0° s.d 360° (Sumbu-x)



Gambar 4.34 Grafik perubahan nilai error terhadap lebar (Sumbu-y) dan sudut rotasi 0° s.d 360° (Sumbu-x)

Dari grafik diatas dan tabel 4.16 berikut ini menunjukkan bahwa nilai minimum lebar manik las yang dihasilkan adalah 0 mm dan lebar maksimumnya 10 mm serta rata-rata yang dicapai adalah 4.03 mm sehingga errornya mencapai 0.45 mm dengan target lebar 4.5 mm dan standar deviasinya 0.5 mm. Pencapaian kecepatan pengelasannya adalah dari 2 mm/s s.d 4.45 mm/s. Waktu total yang dibutuhkan adalah 74.4 s.

Tabel 4.16 Hasil Simulasi Pengelasan nilai rata-rata dan standar deviasi

	v (mm/s)	Δv (mm/s)	Error (mm)	$\Delta error$ (mm)	lebar manik las (mm)
Min	1.5	-1	-5.5	-6.7597	0
Max	4.45	1	4.5	5.8003	10
Avg	4.290263	0.63784	0.45985402	0.0004893	4.03762112
Stdv	0.429439	0.5564222	0.50585498	0.70200293	0.50401853

BAB 5

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

- Perbaikan prototipe berhasil menghilangkan hentakan yang terjadi.
- Hasil pengukuran secara aktual dan pencitraan yang terbaik dicapai dengan kecepatan 2.17 mm/s dengan rata-rata lebar 6.43 mm. Hasil rata-rata error mencapai yaitu -0.30 mm dengan standar deviasi 1.90 mm.
- Optimasi dengan *modeling* Jaringan Saraf Tiruan dengan hasil simulasi yang rata-rata error 0.005 mm dan standar deviasinya mencapai 0.4671 mm. Optimasi berhasil dengan uji coba *modeling* mengubah beberapa parameter seperti tegangan, arus, *wire speed*, dll menghasilkan rata-rata error -0.01 mm dan standar deviasi 0.02 dari lebar manik las yang diinginkan yaitu 4.5 mm.
- Simulasi Pengelasan dengan *Feedback Controller* metode jaringan saraf tiruan menunjukkan perubahan nilai lebar, bahwa nilai minimum lebar manik las yang dihasilkan adalah 0 mm dan lebar maksimumnya 10 mm serta rata-rata yang dicapai adalah 4.03 mm sehingga errornya mencapai 0.45 mm dari target lebar 4.5 mm dan standar deviasinya 0.5 mm. Pencapaian kecepatan pengelasannya adalah dari 2 mm/s s.d 4.45 mm/s.
- Pengujian dengan *Machine Vision* keseragaman lebar manik las masih besar dengan nilai error -0.30 mm, standar deviasi nya 1.90 mm.
- Optimasi dan Simulasi, stdv 0.4671 mm dan 0.5 mm, Hal ini menunjukkan bahwa keseragaman lebar manik las lebih baik dan waktu proses pengelasan 74.4 s.

Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar berfokus untuk welding menggunakan rel jalur las fleksibel.
2. Untuk penelitian selanjutnya lebih mengarah pengelasan untuk posisi horizontal dan parameter jarak tip dibuat tidak konstan.

DAFTAR REFERENSI

1. **Chan C, Grantham KH.** *Fabric defect detection by Fourier Analysis*. s.l. : IEEE Trans Ind Appl, 2000. Vol. 36(5):1267-75.
2. **RI, Kementrian Perindustrian.** *Kemenperin*. [Online]
<http://www.kemenperin.go.id/Content6.aspx?kd6dg=060105#060105>.
3. **Erwanto.** *Pengembangan Prototipe Sistem Otomatis GMAW (Gas Metal Arc Welding) Untuk Pengelasan Pipa Berbasis Machine Vision*. Depok : Tesis, Juni 2011.
4. **Mawardi.** *Pengujian pengelasan pada Kontruksi Pelat Baja Carbon jenis SS-41 secara Non Destructive Ultra Sonic Flow Detector dengan menggunakan Spesifikasi Prosedur Pengelasan (WPS) menurut Standar A.S.M.E Section IX*. 2005.
5. Dasar Motor Stepper. Dipetik januari 2012, dari
<http://www.ilmu.8k.com/pengetahuan/stepper.htm>.
6. **Rinaldi.** Dipetik Desember 2011, dari
http://www.informatika.org/~rinaldi/Buku/Pengolahan%20Citra%20Digital/Bab-1_Pengantar%20Pengolahan%20Citra.pdf.
7. Informatika. Dipetik Desember 2011, dari
<http://kuliahinformatika.wordpress.com/2010/02/13/buku-ta-thresholding-citra/> .
8. **Khurmi, R. S. dan Gupta, J. K.** *First Multicolour Edition: A Text Book of Machine Design*. New Delhi : Eurasia Publishing House, 2005.
9. **Hermawan, Arif.** *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta : Andi offset, 2006.
10. *DARPA Neural Network Study p. 60*. s.l. : AFCEA International Press, 1988.
11. **The MathWorks, Inc.** *MATLAB*. US : The MathWorks, Inc., 1984-2009.

12. *Monitoring of Molten Pool Image during Pipe Welding in Gas Metal Arc Welding (GMAW) Using Machine Vision.* **Baskoro, A.S., Erwanto, dan Winarto.** pp.381-384, ICAC SIS, 2011, ISBN978-9791421-11-9.
13. **American Welding Society.** *Spesification for Qualification of Welding Procedure and Welders for Piping and Tubing.* Miami : AWS,2001.
14. **American Welding Society.** *Design for Welding.* Miami : AWS,2001.
15. **Kasabov, Nikola K.** *Foundation of Neural Network, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering.* London : The MIT Press, 1998.
16. **Freeman, James A., Skapura, David M.,** *Neural Network Algorithm, Applications, and Programming Techniques..* Houston : Addison-Wesley Publishing Company, 1991.
17. *Welding Penetration Control of Fixed Pipe in TIG Welding Using Fuzzy Inference System.* **Baskoro, Ario Sunar, Kabutomori, Mashasi dan Suga, Yasuo.** Japan : Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 2009, Vol. Vol 3. No.1.

Lampiran 1. Program Kontrol Motor AVR bahasa C

/*

*/

This program was produced by the

CodeWizardAVR V2.05.0 Evaluation

Automatic Program Generator

© Copyright 1998-2010 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.

<http://www.hpinfotech.com>

Project : Skripsi Arif Gunawan

Version :

Date : 12/21/2011

Author : Arif Gunawan

Company : Lab. Manufaktur dan Otomasi Dep. Teknik Mesin FTUI

Comments:

Chip type : ATmega8535

Program type : Application

AVR Core Clock frequency: 11.059200 MHz

Memory model : Small

External RAM size : 0

Data Stack size : 128

*/

```
#include <mega8535.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
// Declare your global variables here
```

```
unsigned int waktu;
```

```
unsigned char a;
```

```

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization

// Port A initialization

// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0xFF;

// Port B initialization

// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0xFF;

// Port C initialization

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization

// Clock source: System Clock

```



```
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00; TCCR1B=0x00; TCNT1H=0x00; TCNT1L=0x00; ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00; OCR1AH=0x00; OCR1AL=0x00; OCR1BH=0x00; OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
```

```
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;
// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC disabled
ADCSRA=0x00;
// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;
// TWI initialization
// TWI disabled
```

```
TWCR=0x00;
while (1)
{
    waktu=15;
    /*****
    WAKTU REAL
    delay 10= 25.70s
    delay 15= 36.93s
    delay 20= 49.98s
    delay 25= 62.74s
    delay 30= 76.13s
    *****/
    for(a=0;a<=100;a++)
    {
        PORTA=0b00001101;
        delay_ms(waktu);
        PORTB=0b00001110;
        delay_ms(waktu);
        PORTA=0b00001110;
        delay_ms(waktu);
        PORTB=0b00001101;
        delay_ms(waktu);
    }
}
}
```

Lampiran 2. Program Image Processing Visual C++

```
// 13des2011loopingplusedgeDlg.cpp : implementation file
//
#include "stdafx.h"
#include "13des2011loopingplusedge.h"
#include "13des2011loopingplusedgeDlg.h"

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[] = __FILE__;
#endif

////////////////////////////////////

// CAboutDlg dialog used for App About
class CAboutDlg : public CDialog
{
public:
    CAboutDlg();

// Dialog Data
//{{AFX_DATA(CAboutDlg)
enum { IDD = IDD_ABOUTBOX };
//}}AFX_DATA

// ClassWizard generated virtual function overrides
//{{AFX_VIRTUAL(CAboutDlg)
protected:
virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX); // DDX/DDV support
```

```
//}}AFX_VIRTUAL

// Implementation

protected:

   //{{AFX_MSG(CAboutDlg)
   //}}AFX_MSG
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
};

CAboutDlg::CAboutDlg() : CDialog(CAboutDlg::IDD)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CAboutDlg)
   //}}AFX_DATA_INIT
}

void CAboutDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
   //{{AFX_DATA_MAP(CAboutDlg)
   //}}AFX_DATA_MAP
}

BEGIN_MESSAGE_MAP(CAboutDlg, CDialog)
   //{{AFX_MSG_MAP(CAboutDlg)
        // No message handlers
   //}}AFX_MSG_MAP
END_MESSAGE_MAP()
```

```

////////////////////////////////////
// CMy13des2011loopingplusedgeDlg dialog

CMy13des2011loopingplusedgeDlg::CMy13des2011loopingplusedgeDlg(CWnd* pParent /*=NULL*/)
    : CDialog(CMy13des2011loopingplusedgeDlg::IDD, pParent)
{
   //{{AFX_DATA_INIT(CMy13des2011loopingplusedgeDlg)
        // NOTE: the ClassWizard will add member initialization here
   //}}AFX_DATA_INIT
    // Note that LoadIcon does not require a subsequent DestroyIcon in Win32
    m_hIcon = AfxGetApp()->LoadIcon(IDR_MAINFRAME);
}

void CMy13des2011loopingplusedgeDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialog::DoDataExchange(pDX);
    {{{AFX_DATA_MAP(CMy13des2011loopingplusedgeDlg)
        DDX_Control(pDX, IDC_gbr, m_gbr);
        DDX_Control(pDX, IDC_AVTACTIVECAM1, m_cam);
    }}}AFX_DATA_MAP
}

BEGIN_MESSAGE_MAP(CMy13des2011loopingplusedgeDlg, CDialog)
    {{{AFX_MSG_MAP(CMy13des2011loopingplusedgeDlg)
        ON_WM_SYSCOMMAND()
        ON_WM_PAINT()
    }}}AFX_MSG_MAP
}

```

```

ON_WM_QUERYDRAGICON()

ON_BN_CLICKED(IDCSTART, OnCstart)

ON_BN_CLICKED(IDC_BUTTON1, OnButton1)

ON_BN_CLICKED(IDCLEBAR, OnClebar)

//}}AFX_MSG_MAP

END_MESSAGE_MAP()

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
// CMy13des2011loopingplusedgeDlg message handlers

BOOL CMy13des2011loopingplusedgeDlg::OnInitDialog()
{
    CDialog::OnInitDialog();

    // Add "About..." menu item to system menu.

    // IDM_ABOUTBOX must be in the system command range.
    ASSERT((IDM_ABOUTBOX & 0xFFFF0) == IDM_ABOUTBOX);
    ASSERT(IDM_ABOUTBOX < 0xF000);

    CMenu* pSysMenu = GetSystemMenu(FALSE);
    if (pSysMenu != NULL)
    {
        CString strAboutMenu;
        strAboutMenu.LoadString(IDS_ABOUTBOX);
        if (!strAboutMenu.IsEmpty())
        {

```

```
pSysMenu->AppendMenu(MF_SEPARATOR);

pSysMenu->AppendMenu(MF_STRING, IDM_ABOUTBOX, strAboutMenu);

    }

}

// Set the icon for this dialog. The framework does this automatically
// when the application's main window is not a dialog

SetIcon(m_hIcon, TRUE);           // Set big icon
SetIcon(m_hIcon, FALSE);        // Set small icon

// TODO: Add extra initialization here
    m_cam.SetAcquire(TRUE);

return TRUE; // return TRUE unless you set the focus to a control
}

void CMy13des2011loopingplusedgeDlg::OnSysCommand(UINT nID, LPARAM lParam)
{
    if ((nID & 0xFFF0) == IDM_ABOUTBOX)
    {
        CAboutDlg dlgAbout;
        dlgAbout.DoModal();
    }
    else
    {
        CDialog::OnSysCommand(nID, lParam);
    }
}
```



```
}

```

```
// If you add a minimize button to your dialog, you will need the code below

```

```
// to draw the icon. For MFC applications using the document/view model,

```

```
// this is automatically done for you by the framework.

```

```
void CMy13des2011loopingplusedgeDlg::OnPaint()
{
    if (IsIconic())
    {
        CPaintDC dc(this); // device context for painting

        SendMessage(WM_ICONERASEBKGND, (WPARAM) dc.GetSafeHdc(), 0);

        // Center icon in client rectangle
        int cxIcon = GetSystemMetrics(SM_CXICON);
        int cyIcon = GetSystemMetrics(SM_CYICON);
        CRect rect;
        GetClientRect(&rect);
        int x = (rect.Width() - cxIcon + 1) / 2;
        int y = (rect.Height() - cyIcon + 1) / 2;

        // Draw the icon
        dc.DrawIcon(x, y, m_hIcon);
    }
    else
    {

```

```

        CDialog::OnPaint();

    }

}

// The system calls this to obtain the cursor to display while the user drags
// the minimized window.
HCURSOR CMy13des2011loopingplusedgeDlg::OnQueryDragIcon()
{
    return (HCURSOR) m_hIcon;
}

void WarnaToRGB(long int warna,int *Red, int *Green, int *Blue)
{
    *Red = warna & 0x000000FF;
    *Green = (warna & 0x0000FF00) >> 8;
    *Blue = (warna & 0x00FF0000) >> 16;
}

long int RGBToWarna(int Red, int Green, int Blue)
{
    return(Red+(Green<<8)+(Blue<<16));
}

/*void Sobel(LPCTSTR)
{
    ////////////////////////////////////SOBEL EDGE DETECTION////////////////////////////////////

    CDC* pDC = m_gbr.GetDC();

    CDC dcMem3;

    CRect rect;

    BITMAP bm;

```

```

HBITMAP
hBitmap=(HBITMAP)::LoadImage(AfxGetInstanceHandle(),LPCTSTR,IMAGE_BITMAP,0,0,
LR_LOADFROMFILE|LR_CREATEDIBSECTION);

if(hBitmap)
{
    if(m_bmpBitmap.DeleteObject())
        m_bmpBitmap.Detach();
    m_bmpBitmap.Attach(hBitmap);
}
m_gbr.GetClientRect(rect);
m_bmpBitmap.GetBitmap(&bm);
dcMem3.CreateCompatibleDC(pDC);
dcMem3.SelectObject(&m_bmpBitmap);

int i,j,r,g,b;
int resultr,resultg,resultb;
long int w,mat[3][3];
int hy[3][3],hx[3][3],Gxy[3][3],hr,hg,hb;

// Proses Konvolusi
int nh=3; // Menyatakan ukuran filter

// Penentuan kernel filter hy
hy[0][0]=-1; hy[0][1]=0; hy[0][2]=1;
hy[1][0]=-2; hy[1][1]=0; hy[1][2]=2;
hy[2][0]=-1; hy[2][1]=0; hy[2][2]=1;

// Penentuan kernel filter hx
hx[0][0]=-1; hx[0][1]=-2; hx[0][2]=-1;

```

```
hx[1][0]=0; hx[1][1]=0; hx[1][2]=0;
```

```
hx[2][0]=1; hx[2][1]=2; hx[2][2]=1;
```

```
for(i=0;i<bm.bmHeight;i++)
```

```
for(j=0;j<bm.bmWidth;j++)
```

```
{
```

```
    mat[0][0]=dcMem3.GetPixel(j,i);
```

```
        mat[0][1]=dcMem3.GetPixel(j+1,i);
```

```
        mat[0][2]=dcMem3.GetPixel(j+2,i);
```

```
        mat[1][0]=dcMem3.GetPixel(j,i+1);
```

```
        mat[1][1]=dcMem3.GetPixel(j+1,i+1);
```

```
        mat[1][2]=dcMem3.GetPixel(j+2,i+1);
```

```
        mat[2][0]=dcMem3.GetPixel(j,i+2);
```

```
        mat[2][1]=dcMem3.GetPixel(j+1,i+2);
```

```
        mat[2][2]=dcMem3.GetPixel(j+2,i+2);
```

```
hr=0;hg=0;hb=0;
```

```
for(int u=0;u<nh;u++)
```

```
for(int v=0;v<nh;v++)
```

```
{
```

```
    WarnaToRGB(mat[u][v],&r,&g,&b);
```

```
    Gxy[u][v]=hy[u][v]+hx[u][v];
```

```
    hr+= r * Gxy[u][v];
```

```
    hg+= g * Gxy[u][v];
```

```
    hb+= b * Gxy[u][v];
```

```
}
```

```
resultr=abs(hr);
```

```

resultg=abs(hg);
resultb=abs(hb);
if(resultr>255)resultr=255;
if(resultg>255)resultg=255;
if(resultb>255)resultb=255;
w=RGBToWarna(resultr,resultg,resultb);
dcMem3.SetPixel(j,i,w);
}
//pDC->BitBlt(0,0,250,210,&dcMem3,0,0,SRCCOPY);
pDC-
>StretchBlt(0,0,rect.Width(),rect.Height(),&dcMem3,0,0,bm.bmWidth,bm.bmHeight,SRCCOPY);
}*/
void CMy13des2011loopingplusedgeDlg::OnCstart()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
/* CDC* pDC = m_gbr.GetDC();
CDC dcMem3;
CRect rect;
BITMAP bm;
int i;
    for (i=0; i<101; i++)
    {
        switch (i)
        {
        case 10:
            m_cam.Grab();

```

```
m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug/myframe.bmp",100);
```

```
break;
```

```
case 20:
```

```
m_cam.Grab();
```

```
m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug/myframe2.bmp",100);
```

```
//Sobel("myframe2.bmp");
```

```
break;
```

```
case 30:
```

```
m_cam.Grab();
```

```
m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug/myframe3.bmp",100);
```

```
//Sobel("myframe3.bmp");
```

```
break;
```

```
case 40:
```

```
m_cam.Grab();
```

```
m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug/myframe4.bmp",100);
```

```
//Sobel("myframe4.bmp");
```

```
break;
```

```
case 50:
```

```
m_cam.Grab();
```

```
m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug/myframe5.bmp",100);
```

```
//Sobel("myframe5.bmp");  
break;  
case 60:  
    m_cam.Grab();  
  
    m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug  
/myframe6.bmp",100);  
  
    //Sobel("myframe6.bmp");  
break;  
case 70:  
    m_cam.Grab();  
  
    m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug  
/myframe7.bmp",100);  
  
    //Sobel("myframe7.bmp");  
break;  
case 80:  
    m_cam.Grab();  
  
    m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug  
/myframe8.bmp",100);  
  
    //Sobel("myframe8.bmp");  
break;  
case 90:  
    m_cam.Grab();  
  
    m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug  
/myframe9.bmp",100);  
  
    //Sobel("myframe9.bmp");  
break;
```

```

case 100:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("D://work/OpenCV_22/Project/VC++/13des2011loopingplusedge/Debug
/myframe10.bmp",100);

    //Sobel("myframe10.bmp");

    break;

default:
    m_cam.SetAcquire(FALSE);

    break;

}

/*HBITMAP
hBitmap=(HBITMAP)::LoadImage(AfxGetInstanceHandle(),"myframe.bmp",IMAGE_BITMAP, 0, 0,
LR_LOADFROMFILE|LR_CREATEDIBSECTION);

if(hBitmap)
{
    if(m_bmpBitmap.DeleteObject())
        m_bmpBitmap.Detach();

    m_bmpBitmap.Attach(hBitmap);
}

m_gbr.GetClientRect(rect);

m_bmpBitmap.GetBitmap(&bm);

dcMem3.CreateCompatibleDC(pDC);

dcMem3.SelectObject(&m_bmpBitmap);

pDC-
>StretchBlt(0,0,rect.Width(),rect.Height(),&dcMem3,0,0,bm.bmWidth,bm.bmHeight,SRCCOPY);*/

/*i=i+1;

}

m_cam.SetAcquire(TRUE);*/

```



```
//-----  
  
//BARU RUNNING  
  
int i;  
for (i=9;i<1541;i++)  
{  
    switch(i)  
    {  
    case 10:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("1.bmp",100);  
        break;  
    case 20:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("2.bmp",100);  
        break;  
    case 30:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("3.bmp",100);  
        break;  
    case 40:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("4.bmp",100);  
        break;  
    case 50:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("5.bmp",100);  
        break;  
    }
```

```
case 60:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("6.bmp",100);
break;
case 70:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("7.bmp",100);
break;
case 80:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("8.bmp",100);
break;
case 90:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("9.bmp",100);
break;
case 100:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("10.bmp",100);
break;
case 110:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("11.bmp",100);
break;
case 120:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("12.bmp",100);
```

```
break;
case 130:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("13.bmp",100);
break;
case 140:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("14.bmp",100);
break;
case 150:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("15.bmp",100);
break;
case 160:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("16.bmp",100);
break;
case 170:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("17.bmp",100);
break;
case 180:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("18.bmp",100);
break;
case 190:
    m_cam.Grab();
```

```
        m_cam.SaveImage("19.bmp",100);  
break;  
case 200:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("20.bmp",100);  
break;  
case 210:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("21.bmp",100);  
break;  
case 220:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("22.bmp",100);  
break;  
case 230:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("23.bmp",100);  
break;  
case 240:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("24.bmp",100);  
break;  
case 250:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("25.bmp",100);  
break;  
case 260:
```

```
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("26.bmp",100);  
break;  
case 270:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("27.bmp",100);  
break;  
case 280:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("28.bmp",100);  
break;  
case 290:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("29.bmp",100);  
break;  
case 300:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("30.bmp",100);  
break;  
case 310:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("31.bmp",100);  
break;  
case 320:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("32.bmp",100);  
break;
```

```
case 330:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("33.bmp",100);
break;
case 340:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("34.bmp",100);
break;
case 350:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("35.bmp",100);
break;
case 360:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("36.bmp",100);
break;
case 370:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("37.bmp",100);
break;
case 380:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("38.bmp",100);
break;
case 390:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("39.bmp",100);
```

```
break;

case 400:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("40.bmp",100);

break;

case 410:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("41.bmp",100);

break;

case 420:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("42.bmp",100);

break;

case 430:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("43.bmp",100);

break;

case 440:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("44.bmp",100);

break;

case 450:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("45.bmp",100);

break;

case 460:

    m_cam.Grab();
```

```
        m_cam.SaveImage("46.bmp",100);  
break;  
case 470:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("47.bmp",100);  
break;  
case 480:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("48.bmp",100);  
break;  
case 490:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("49.bmp",100);  
break;  
case 500:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("50.bmp",100);  
break;  
case 510:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("51.bmp",100);  
break;  
case 520:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("52.bmp",100);  
break;  
case 530:
```



```
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("53.bmp",100);  
break;  
case 540:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("54.bmp",100);  
break;  
case 550:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("55.bmp",100);  
break;  
case 560:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("56.bmp",100);  
break;  
case 570:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("57.bmp",100);  
break;  
case 580:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("58.bmp",100);  
break;  
case 590:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("59.bmp",100);  
break;
```

```
case 600:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("60.bmp",100);
break;
case 610:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("61.bmp",100);
break;
case 620:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("62.bmp",100);
break;
case 630:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("63.bmp",100);
break;
case 640:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("64.bmp",100);
break;
case 650:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("65.bmp",100);
break;
case 660:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("66.bmp",100);
```

```
break;

case 670:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("67.bmp",100);

break;

case 680:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("68.bmp",100);

break;

case 690:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("69.bmp",100);

break;

case 700:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("70.bmp",100);

break;

case 710:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("71.bmp",100);

break;

case 720:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("72.bmp",100);

break;

case 730:

    m_cam.Grab();
```

```
        m_cam.SaveImage("73.bmp",100);  
break;  
case 740:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("74.bmp",100);  
break;  
case 750:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("75.bmp",100);  
break;  
case 760:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("76.bmp",100);  
break;  
case 770:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("77.bmp",100);  
break;  
case 780:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("78.bmp",100);  
break;  
case 790:  
        m_cam.Grab();  
        m_cam.SaveImage("79.bmp",100);  
break;  
case 800:
```

```
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("80.bmp",100);  
break;  
case 810:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("81.bmp",100);  
break;  
case 820:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("82.bmp",100);  
break;  
case 830:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("83.bmp",100);  
break;  
case 840:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("84.bmp",100);  
break;  
case 850:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("85.bmp",100);  
break;  
case 860:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("86.bmp",100);  
break;
```

```
case 870:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("87.bmp",100);
break;
case 880:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("88.bmp",100);
break;
case 890:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("89.bmp",100);
break;
case 900:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("90.bmp",100);
break;
case 910:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("91.bmp",100);
break;
case 920:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("92.bmp",100);
break;
case 930:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("93.bmp",100);
```

```
break;

case 940:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("94.bmp",100);

break;

case 950:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("95bmp",100);

break;

case 960:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("96.bmp",100);

break;

case 970:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("97.bmp",100);

break;

case 980:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("98.bmp",100);

break;

case 990:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("99.bmp",100);

break;

case 1000:

    m_cam.Grab();
```

```
        m_cam.SaveImage("100.bmp",100);
break;
case 1010:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("101.bmp",100);
break;
case 1020:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("102.bmp",100);
break;
case 1030:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("103.bmp",100);
break;
case 1040:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("104.bmp",100);
break;
case 1050:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("105.bmp",100);
break;
case 1060:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("106.bmp",100);
break;
case 1070:
```



```
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("107.bmp",100);  
break;  
case 1080:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("108.bmp",100);  
break;  
case 1090:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("109.bmp",100);  
break;  
case 1100:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("110.bmp",100);  
break;  
case 1110:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("111.bmp",100);  
break;  
case 1120:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("112.bmp",100);  
break;  
case 1130:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("113.bmp",100);  
break;
```

```
case 1140:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("114.bmp",100);
break;
case 1150:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("115.bmp",100);
break;
case 1160:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("116.bmp",100);
break;
case 1170:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("117.bmp",100);
break;
case 1180:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("118.bmp",100);
break;
case 1190:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("119.bmp",100);
break;
case 1200:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("120.bmp",100);
```

```
break;

case 1210:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("121.bmp",100);

break;

case 1220:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("122.bmp",100);

break;

case 1230:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("123.bmp",100);

break;

case 1240:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("124.bmp",100);

break;

case 1250:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("125.bmp",100);

break;

case 1260:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("126.bmp",100);

break;

case 1270:

    m_cam.Grab();
```

```
        m_cam.SaveImage("127.bmp",100);
break;
case 1280:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("128.bmp",100);
break;
case 1290:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("129.bmp",100);
break;
case 1300:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("130.bmp",100);
break;
case 1310:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("131.bmp",100);
break;
case 1320:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("132.bmp",100);
break;
case 1330:
        m_cam.Grab();
        m_cam.SaveImage("133.bmp",100);
break;
case 1340:
```

```
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("134.bmp",100);  
break;  
case 1350:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("135.bmp",100);  
break;  
case 1360:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("136.bmp",100);  
break;  
case 1370:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("137.bmp",100);  
break;  
case 1380:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("138.bmp",100);  
break;  
case 1390:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("139.bmp",100);  
break;  
case 1400:  
m_cam.Grab();  
m_cam.SaveImage("140.bmp",100);  
break;
```

```
case 1410:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("141.bmp",100);
break;
case 1420:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("142.bmp",100);
break;
case 1430:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("143.bmp",100);
break;
case 1440:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("144.bmp",100);
break;
case 1450:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("145.bmp",100);
break;
case 1460:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("146.bmp",100);
break;
case 1470:
    m_cam.Grab();
    m_cam.SaveImage("147.bmp",100);
```

```
break;

case 1480:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("148.bmp",100);

break;

case 1490:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("149.bmp",100);

break;

case 1500:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("150.bmp",100);

break;

case 1510:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("151.bmp",100);

break;

case 1520:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("152.bmp",100);

break;

case 1530:

    m_cam.Grab();

    m_cam.SaveImage("153.bmp",100);

break;

case 1540:

    m_cam.Grab();
```

```

        m_cam.SaveImage("154.bmp",100);
    break;
    default:
        m_cam.SetAcquire(FALSE);
        break;
    }
}
m_cam.SetAcquire(TRUE);
}

void CMy13des2011loopingplusedgeDlg::OnButton1()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here
    m_cam.ShowProperties(TRUE,1);
}

void CMy13des2011loopingplusedgeDlg::OnClebar()
{
    // TODO: Add your control notification handler code here

    ////////////////////////////////////////
    ////////////////////////////////////////

    int awal,akhir,o,p,red,green,blue,gray;
    long int warna,warnagray;
    CDC* pDC = m_gbr.GetDC();

```



```

CDC dcMem1;

CRect rect;

BITMAP bm;

HBITMAP hBitmap=(HBITMAP)::LoadImage(AfxGetInstanceHandle(),"D:/skripsi
baru/Dokumentasi/DATA/data fix/delay30b/154.bmp",IMAGE_BITMAP, 0, 0,
LR_LOADFROMFILE|LR_CREATEDIBSECTION);

if(hBitmap)
{
if(m_bmpBitmap.DeleteObject())
m_bmpBitmap.Detach();
m_bmpBitmap.Attach(hBitmap);
}

m_gbr.GetClientRect(rect);
m_bmpBitmap.GetBitmap(&bm);
dcMem1.CreateCompatibleDC(pDC);
dcMem1.SelectObject(&m_bmpBitmap);

for(o=0;o<bm.bmHeight;o++)
for(p=0;p<bm.bmWidth;p++)
{
warna=dcMem1.GetPixel(p,o);
WarnaToRGB(warna,&red,&green,&blue);
gray=int(red+green+blue)/3;
if(gray<245) gray=0;
else gray=255;
warnagray=RGBToWarna(gray,gray,gray);
dcMem1.SetPixel(p,o,warnagray);//sudah di gambar baru

```

```
}  
  
    pDC->StretchBlt(0,0,rect.Width(),rect.Height(),&dcMem1,0,0,bm.bmWidth,bm.bmHeight,SRCCOPY);  
  
    int lebar;  
  
    lebar=0;  
    awal=0;  
    for(p=0;p<bm.bmWidth;p++)  
        for(o=0;o<bm.bmHeight;o++)  
        {  
            if (dcMem1.GetPixel(p,o)>=245)  
                akhir=p;  
            if (dcMem1.GetPixel(p,o)>=245 && awal==0)  
                awal=p;  
        }  
        lebar=akhir-awal;  
  
    SetDlgItemInt(IDC_EDIT1,lebar);  
}
```

Lampiran 3. Tabel Hasil Pengukuran Lebar Manik Las dengan Pencitraan

θ	pixel 10	pixel 15	pixel 20	pixel 25	PIXEL 30
4	42	0	60	46	63
8	21	60	50	64	0
12	33	0	0	58	53
16	19	35	0	56	73
20	43	0	35	69	59
24	19	40	40	54	72
28	44	51	35	67	67
32	42	24	0	63	63
36	42	42	38	60	63
40	39	36	38	66	46
44	39	36	55	62	47
48	34	44	0	51	59
52	51	37	32	61	71
56	19	23	31	45	69
60	54	38	38	61	55
64	41	0	36	56	57
68	33	0	41	66	59
72	22	0	0	40	52
76	0	0	25	60	48
80	35	15	39	70	95
84	40	43	57	58	53
88	23	13	33	61	58
92	6	37	16	64	57
96	24	41	22	64	81
100	41	50	24	50	68
104	34	0	16	55	54
108	22	41	37	58	70
112	39	0	42	62	78
116	37	53	21	55	71
120	6	31	19	51	56
124	6	17	43	48	71
128	36	0	19	55	74
132	43	0	42	64	0
136	0	0	42	43	28
140	43	48	39	65	55
144	0	23	34	63	48
148	15	29	19	64	61
152	31	0	54	54	60
156	24	0	41	48	74
160	23	1	22	43	50

164	39	13	0	62	61
168	39	0	40	65	62
172	36	14	23	65	62
176	22	0	24	59	67
180	37	31	34	73	57
184	26	22	42	58	58
188	31	12	39	66	66
192	22	15	37	71	56
196	40	0	6	60	58
200	0	0	36	68	58
204	9	1	0	43	69
208	0	22	0	59	64
212	0	5	15	57	63
216	37	41	24	60	68
220	14	34	23	59	65
224	12	0	39	59	66
228	29	21	36	64	65
232	19	0	37	58	60
236	14	3	27	59	14
240	41	9	31	64	62
244	15	20	40	55	61
248	37	4	0	44	63
252	0	37	0	60	86
256	38	49	0	61	59
260	41	32	14	47	69
264	0	28	12	52	62
268	29	42	29	66	62
272	38	14	14	62	64
276	40	38	41	66	58
280	26	0	37	57	50
284	32	39	0	67	65
288	21	34	41	52	50
292	38	28	0	45	68
296	17	38	29	40	53
300	43	36	40	53	57
304	21	60	26	54	63
308	41	35	21	54	49
312	35	52	17	63	64
316	38	0	43	57	60
320	6	0	21	60	63
324	28	0	41	61	41
328	32	37	38	57	56
332	8	31	6	62	0
336	28	28	32	62	39

340	6	27	28	72	63
344	29	39	6	63	56
348	0	33	29	67	44
352	21	22	0	62	74
356	0	23	0	55	49
360	0	0	0	59	63

Lampiran 4. Tabel Hasil Pengukuran Lebar Manik Las Aktual dan Citra/Vision

θ	v = 4.45 mm/s			v = 3.09 mm/s			v = 2.29 mm/s			v = 2.17 mm/s			v = 1.52 mm/s		
	w actual	w vision	Error	w actual	w vision	Error	w actual	w vision	Error	w actual	w vision	Error	w actual	w vision	Error
4	3,5	5,1	1,6	4	0,0	-4,0	4,3	7,3	3,0	7,7	5,6	-2,1	8,6	7,6	-1,0
8	4,5	2,5	-2,0	4,9	7,3	2,4	4,3	6,1	1,8	8,2	7,8	-0,4	7,5	0,0	-7,5
12	3,5	4,0	0,5	4	0,0	-4,0	5	0,0	-5,0	7,7	7,0	-0,7	5,9	6,4	0,5
16	3,5	2,3	-1,2	3,6	4,2	0,6	4,2	0,0	-4,2	7,1	6,8	-0,3	5,9	8,8	2,9
20	4	5,2	1,2	4,4	0,0	-4,4	3,9	4,2	0,3	6,9	8,4	1,5	4,9	7,2	2,3
24	6	2,3	-3,7	4,6	4,8	0,2	3,7	4,8	1,1	7,4	6,5	-0,9	5,1	8,7	3,6
28	5	5,3	0,3	4,3	6,2	1,9	3,8	4,2	0,4	5,5	8,1	2,6	7,6	8,1	0,5
32	5	5,1	0,1	3	2,9	-0,1	5	0,0	-5,0	7,3	7,6	0,3	7,8	7,6	-0,2
36	4	5,1	1,1	3	5,1	2,1	5,1	4,6	-0,5	6,8	7,3	0,5	8,6	7,6	-1,0
40	4	4,7	0,7	3,7	4,4	0,7	4,2	4,6	0,4	6,4	8,0	1,6	5,8	5,6	-0,2
44	4	4,7	0,7	3,8	4,4	0,6	5,3	6,7	1,4	6	7,5	1,5	6,2	5,7	-0,5
48	4	4,1	0,1	6	5,3	-0,7	5,7	0,0	-5,7	5,8	6,2	0,4	5,8	7,2	1,4
52	3	6,2	3,2	3,1	4,5	1,4	5,3	3,9	-1,4	5,6	7,4	1,8	6,1	8,6	2,5
56	4,5	2,3	-2,2	3,6	2,8	-0,8	4,4	3,8	-0,6	6,1	5,5	-0,6	7,2	8,4	1,2
60	4,5	6,5	2,0	4,1	4,6	0,5	2,6	4,6	2,0	6	7,4	1,4	5,6	6,7	1,1
64	3	5,0	2,0	3,9	0,0	-3,9	4,1	4,4	0,3	6,4	6,8	0,4	6,1	6,9	0,8
68	4,5	4,0	-0,5	4,5	0,0	-4,5	5,2	5,0	-0,2	6,2	8,0	1,8	11,2	7,2	-4,0
72	5,5	2,7	-2,8	4,5	0,0	-4,5	5,4	0,0	-5,4	6,7	4,8	-1,9	7,2	6,3	-0,9

76	5	0,0	- 5,0	3,4	0,0	- 3,4	3,6	3,0	- 0,6	7,2	7,3	0,1	4,2	5,8	1,6
80	4	4,2	0,2	2	1,8	- 0,2	3,3	4,7	1,4	6,5	8,5	2,0	2,8	11, 5	8,7
84	3,5	4,8	1,3	4,9	5,2	0,3	4,9	6,9	2,0	6,5	7,0	0,5	4,5	6,4	1,9
88	5	2,8	- 2,2	2,2	1,6	- 0,6	5,1	4,0	- 1,1	6,9	7,4	0,5	10	7,0	- 3,0
92	4	0,7	- 3,3	3,3	4,5	1,2	3,6	1,9	- 1,7	5,6	7,8	2,2	10,8	6,9	- 3,9
96	3	2,9	- 0,1	4,3	5,0	0,7	3,2	2,7	- 0,5	6	7,8	1,8	11,6	9,8	- 1,8
100	4	5,0	1,0	3,8	6,1	2,3	4,6	2,9	- 1,7	6,3	6,1	- 0,2	10,4	8,2	- 2,2
104	3	4,1	1,1	3	0,0	- 3,0	4,2	1,9	- 2,3	6,4	6,7	0,3	4,8	6,5	1,7
108	3	2,7	- 0,3	5,1	5,0	- 0,1	4,4	4,5	0,1	6,2	7,0	0,8	5,8	8,5	2,7
112	5	4,7	- 0,3	3,8	0,0	- 3,8	4,4	5,1	0,7	6,8	7,5	0,7	5,3	9,5	4,2
116	4	4,5	0,5	3,8	6,4	2,6	4,4	2,5	- 1,9	6,1	6,7	0,6	5,8	8,6	2,8
120	4	0,7	- 3,3	4,3	3,8	- 0,5	4,5	2,3	- 2,2	5,8	6,2	0,4	6,6	6,8	0,2
124	3	0,7	- 2,3	3,7	2,1	- 1,6	3,4	5,2	1,8	5,9	5,8	- 0,1	6,8	8,6	1,8
128	3,5	4,4	0,9	3	0,0	- 3,0	4,2	2,3	- 1,9	7,2	6,7	- 0,5	6,2	9,0	2,8
132	4	5,2	1,2	4,3	0,0	- 4,3	4,6	5,1	0,5	9	7,8	- 1,2	5,5	0,0	- 5,5
136	2,5	0,0	- 2,5	4	0,0	- 4,0	3,3	5,1	1,8	8,9	5,2	- 3,7	5,3	3,4	- 1,9
140	2	5,2	3,2	3,4	5,8	2,4	3,4	4,7	1,3	5,9	7,9	2,0	6,5	6,7	0,2
144	4	0,0	- 4,0	2,6	2,8	0,2	5,3	4,1	- 1,2	5,6	7,6	2,0	6,1	5,8	- 0,3
148	3	1,8	- 1,2	3,3	3,5	0,2	1,9	2,3	0,4	6,7	7,8	1,1	6,1	7,4	1,3
152	4	3,8	- 0,2	2,3	0,0	- 2,3	3,4	6,5	3,1	6,7	6,5	- 0,2	5,8	7,3	1,5
156	3,5	2,9	- 0,6	2,1	0,0	- 2,1	5,3	5,0	- 0,3	6,2	5,8	- 0,4	5,8	9,0	3,2
160	3,5	2,8	- 0,7	1,9	0,1	- 1,8	4,2	2,7	- 1,5	6,3	5,2	- 1,1	4,5	6,1	1,6
164	3	4,7	1,7	3,7	1,6	- 2,1	4	0,0	- 4,0	6,9	7,5	0,6	5,2	7,4	2,2
168	3,5	4,7	1,2	4,1	0,0	- 4,1	4,4	4,8	0,4	6,8	7,9	1,1	6,4	7,5	1,1
172	4	4,4	0,4	3,3	1,7	- 1,6	3,8	2,8	- 1,0	6,4	7,9	1,5	6,5	7,5	1,0
17	3,5	2,7	-	2,7	0,0	-	4,3	2,9	-	6,6	7,2	0,6	6,2	8,1	1,9

6			0,8			2,7			1,4						
180	4	4,5	0,5	4,9	3,8	-1,1	5,7	4,1	-1,6	6,1	8,8	2,7	6,3	6,9	0,6
184	4,5	3,2	-1,3	4,3	2,7	-1,6	4,6	5,1	0,5	5,2	7,0	1,8	5,4	7,0	1,6
188	2,5	3,8	1,3	4,5	1,5	-3,0	4,3	4,7	0,4	6,9	8,0	1,1	6,9	8,0	1,1
192	3	2,7	-0,3	3,7	1,8	-1,9	3,6	4,5	0,9	6	8,6	2,6	6,3	6,8	0,5
196	4	4,8	0,8	1,6	0,0	-1,6	4,5	0,7	-3,8	6,4	7,3	0,9	6,4	7,0	0,6
200	4,5	0,0	-4,5	4,2	0,0	-4,2	4,9	4,4	-0,5	6,2	8,2	2,0	6,2	7,0	0,8
204	4,5	1,1	-3,4	4,5	0,1	-4,4	5,2	0,0	-5,2	7	5,2	-1,8	6,7	8,4	1,7
208	2,5	0,0	-2,5	3,9	2,7	-1,2	4,3	0,0	-4,3	6	7,2	1,2	6	7,8	1,8
212	4,5	0,0	-4,5	4,4	0,6	-3,8	4	1,8	-2,2	5,8	6,9	1,1	5,9	7,6	1,7
216	4,5	4,5	0,0	3,7	5,0	1,3	4,2	2,9	-1,3	6,9	7,3	0,4	5,8	8,2	2,4
220	3,5	1,7	-1,8	2,4	4,1	1,7	4,8	2,8	-2,0	6,1	7,2	1,1	6,1	7,9	1,8
224	3,5	1,5	-2,0	3,6	0,0	-3,6	4,4	4,7	0,3	6,4	7,2	0,8	5,5	8,0	2,5
228	3	3,5	0,5	4,1	2,5	-1,6	3,4	4,4	1,0	6,2	7,8	1,6	5,9	7,9	2,0
232	2,5	2,3	-0,2	1,1	0,0	-1,1	4,1	4,5	0,4	5,8	7,0	1,2	6	7,3	1,3
236	5	1,7	-3,3	3,4	0,4	-3,0	4,9	3,3	-1,6	6,2	7,2	1,0	5,7	1,7	-4,0
240	6,5	5,0	-1,5	4,1	1,1	-3,0	4,8	3,8	-1,0	5,4	7,8	2,4	6,1	7,5	1,4
244	2,5	1,8	-0,7	2,8	2,4	-0,4	4,4	4,8	0,4	5,4	6,7	1,3	6,1	7,4	1,3
248	3	4,5	1,5	4,2	0,5	-3,7	3,2	0,0	-3,2	5,6	5,3	-0,3	5,9	7,6	1,7
252	4	0,0	-4,0	4,2	4,5	0,3	4,1	0,0	-4,1	5,9	7,3	1,4	5,9	10,4	4,5
256	4,5	4,6	0,1	4,1	5,9	1,8	3,8	0,0	-3,8	5,9	7,4	1,5	5,5	7,2	1,7
260	5	5,0	0,0	4,8	3,9	-0,9	4	1,7	-2,3	5,8	5,7	-0,1	4,7	8,4	3,7
264	4	0,0	-4,0	5,2	3,4	-1,8	4,5	1,5	-3,0	6,5	6,3	-0,2	6,9	7,5	0,6
268	2,5	3,5	1,0	3,9	5,1	1,2	3,8	3,5	-0,3	6,3	8,0	1,7	6,5	7,5	1,0
272	4,5	4,6	0,1	4	1,7	-2,3	4,3	1,7	-2,6	6,5	7,5	1,0	6,8	7,8	1,0
27	5	4,8	-	4,4	4,6	0,2	4,5	5,0	0,5	6,9	8,0	1,1	6,3	7,0	0,7

6			0,2												
280	4,5	3,2	-1,3	3,9	0,0	-3,9	4,7	4,5	-0,2	5,9	6,9	1,0	5,9	6,1	0,2
284	4	3,9	-0,1	4,9	4,7	-0,2	4,4	0,0	-4,4	5,8	8,1	2,3	6,8	7,9	1,1
288	4	2,5	-1,5	3,8	4,1	0,3	4,7	5,0	0,3	6	6,3	0,3	5,9	6,1	0,2
292	4	4,6	0,6	4,3	3,4	-0,9	4,9	0,0	-4,9	6,6	5,5	-1,1	6	8,2	2,2
296	4,5	2,1	-2,4	3,8	4,6	0,8	4,9	3,5	-1,4	5,9	4,8	-1,1	6,2	6,4	0,2
300	5	5,2	0,2	2,9	4,4	1,5	4,1	4,8	0,7	6,9	6,4	-0,5	6	6,9	0,9
304	3	2,5	-0,5	2,9	7,3	4,4	5,1	3,2	-1,9	6,4	6,5	0,1	6,3	7,6	1,3
308	4	5,0	1,0	5,4	4,2	-1,2	4	2,5	-1,5	6,2	6,5	0,3	5,7	5,9	0,2
312	4	4,2	0,2	3,8	6,3	2,5	5,2	2,1	-3,1	6	7,6	1,6	6,6	7,8	1,2
316	3	4,6	1,6	3,6	0,0	-3,6	5,8	5,2	-0,6	6,2	6,9	0,7	6,4	7,3	0,9
320	5	0,7	-4,3	0	0,0	0,0	4,3	2,5	-1,8	6	7,3	1,3	6,7	7,6	0,9
324	6	3,4	-2,6	3,7	0,0	-3,7	4,3	5,0	0,7	6,8	7,4	0,6	6,3	5,0	-1,3
328	3,5	3,9	0,4	4,1	4,5	0,4	4,8	4,6	-0,2	6,6	6,9	0,3	6,5	6,8	0,3
332	4	1,0	-3,0	4,8	3,8	-1,0	4,6	0,7	-3,9	6,4	7,5	1,1	7	0,0	-7,0
336	3	3,4	0,4	4,1	3,4	-0,7	4,5	3,9	-0,6	6,6	7,5	0,9	6,8	4,7	-2,1
340	3	0,7	-2,3	3,6	3,3	-0,3	3,9	3,4	-0,5	7,5	8,7	1,2	7,9	7,6	-0,3
344	4,5	3,5	-1,0	4,7	4,7	0,0	4,4	0,7	-3,7	6,3	7,6	1,3	6,3	6,8	0,5
348	4	0,0	-4,0	4,8	4,0	-0,8	4,5	3,5	-1,0	6,5	8,1	1,6	5,1	5,3	0,2
352	0	2,5	2,5	4,1	2,7	-1,4	5,1	0,0	-5,1	6,8	7,5	0,7	5,9	9,0	3,1
356	2	0,0	-2,0	3,9	2,8	-1,1	2,6	0,0	-2,6	6,2	6,7	0,5	6,3	5,9	-0,4
360	0	0,0	0,0	3,5	0,0	-3,5	0	0,0	0,0	6,5	7,2	0,7	6,2	7,6	1,4

Lampiran 5. Tabel Data Original per 12 derajat untuk Optimasi dengan *Modeling* Jaringan Saraf Tiruan

Data Original							
I (A)	V (Volt)	Flow Gas (l/min)	Tip (mm)	Wire Speed (mm/s)	v (mm/s)	θ	Width actual
150	22	2,5	40	63	4,45	12	3,5
150	22	2,5	40	63	4,45	24	6
150	22	2,5	40	63	4,45	36	4
150	22	2,5	40	63	4,45	48	4
150	22	2,5	40	63	4,45	60	4,5
150	22	2,5	40	63	4,45	72	5,5
150	22	2,5	40	63	4,45	84	3,5
150	22	2,5	40	63	4,45	96	3
150	22	2,5	40	63	4,45	108	3
150	22	2,5	40	63	4,45	120	4
150	22	2,5	40	63	4,45	132	4
150	22	2,5	40	63	4,45	144	4
150	22	2,5	40	63	4,45	156	3,5
150	22	2,5	40	63	4,45	168	3,5
150	22	2,5	40	63	4,45	180	4
150	22	2,5	40	63	4,45	192	3
150	22	2,5	40	63	4,45	204	4,5
150	22	2,5	40	63	4,45	216	4,5
150	22	2,5	40	63	4,45	228	3
150	22	2,5	40	63	4,45	240	6,5
150	22	2,5	40	63	4,45	252	4
150	22	2,5	40	63	4,45	264	4,5
150	22	2,5	40	63	4,45	276	4
150	22	2,5	40	63	4,45	288	4
150	22	2,5	40	63	4,45	300	5
150	22	2,5	40	63	4,45	312	4
150	22	2,5	40	63	4,45	324	6
150	22	2,5	40	63	4,45	336	3
150	22	2,5	40	63	4,45	348	4
150	22	2,5	40	63	4,45	360	0
150	22	2,5	40	63	3,09	12	4
150	22	2,5	40	63	3,09	24	4,6
150	22	2,5	40	63	3,09	36	3
150	22	2,5	40	63	3,09	48	6
150	22	2,5	40	63	3,09	60	4,1
150	22	2,5	40	63	3,09	72	4,5
150	22	2,5	40	63	3,09	84	4,9

150	22	2,5	40	63	3,09	96	4,3
150	22	2,5	40	63	3,09	108	5,1
150	22	2,5	40	63	3,09	120	4,3
150	22	2,5	40	63	3,09	132	4,3
150	22	2,5	40	63	3,09	144	2,6
150	22	2,5	40	63	3,09	156	2,1
150	22	2,5	40	63	3,09	168	4,1
150	22	2,5	40	63	3,09	180	4,9
150	22	2,5	40	63	3,09	192	3,7
150	22	2,5	40	63	3,09	204	4,5
150	22	2,5	40	63	3,09	216	3,7
150	22	2,5	40	63	3,09	228	4,1
150	22	2,5	40	63	3,09	240	4,1
150	22	2,5	40	63	3,09	252	4,2
150	22	2,5	40	63	3,09	264	5,2
150	22	2,5	40	63	3,09	276	4,4
150	22	2,5	40	63	3,09	288	3,8
150	22	2,5	40	63	3,09	300	2,9
150	22	2,5	40	63	3,09	312	3,8
150	22	2,5	40	63	3,09	324	3,6
150	22	2,5	40	63	3,09	336	4,1
150	22	2,5	40	63	3,09	348	4,8
150	22	2,5	40	63	3,09	360	3,5
150	22	2,5	40	63	2,29	12	5
150	22	2,5	40	63	2,29	24	3,7
150	22	2,5	40	63	2,29	36	5,1
150	22	2,5	40	63	2,29	48	5,7
150	22	2,5	40	63	2,29	60	2,6
150	22	2,5	40	63	2,29	72	5,4
150	22	2,5	40	63	2,29	84	4,9
150	22	2,5	40	63	2,29	96	3,2
150	22	2,5	40	63	2,29	108	4,4
150	22	2,5	40	63	2,29	120	4,5
150	22	2,5	40	63	2,29	132	4,6
150	22	2,5	40	63	2,29	144	5,3
150	22	2,5	40	63	2,29	156	5,3
150	22	2,5	40	63	2,29	168	4,4
150	22	2,5	40	63	2,29	180	5,7
150	22	2,5	40	63	2,29	192	3,6
150	22	2,5	40	63	2,29	204	5,2
150	22	2,5	40	63	2,29	216	4,2
150	22	2,5	40	63	2,29	228	3,4
150	22	2,5	40	63	2,29	240	4,8
150	22	2,5	40	63	2,29	252	4,1

150	22	2,5	40	63	2,29	264	4,5
150	22	2,5	40	63	2,29	276	4,5
150	22	2,5	40	63	2,29	288	4,7
150	22	2,5	40	63	2,29	300	4,1
150	22	2,5	40	63	2,29	312	5,2
150	22	2,5	40	63	2,29	324	4,3
150	22	2,5	40	63	2,29	336	4,5
150	22	2,5	40	63	2,29	348	4,5
150	22	2,5	40	63	2,29	360	0
150	22	2,5	40	63	2,17	12	7,7
150	22	2,5	40	63	2,17	24	7,4
150	22	2,5	40	63	2,17	36	6,8
150	22	2,5	40	63	2,17	48	5,8
150	22	2,5	40	63	2,17	60	6
150	22	2,5	40	63	2,17	72	6,7
150	22	2,5	40	63	2,17	84	6,5
150	22	2,5	40	63	2,17	96	6
150	22	2,5	40	63	2,17	108	6,2
150	22	2,5	40	63	2,17	120	5,8
150	22	2,5	40	63	2,17	132	9
150	22	2,5	40	63	2,17	144	5,6
150	22	2,5	40	63	2,17	156	6,2
150	22	2,5	40	63	2,17	168	6,8
150	22	2,5	40	63	2,17	180	6,1
150	22	2,5	40	63	2,17	192	6
150	22	2,5	40	63	2,17	204	7
150	22	2,5	40	63	2,17	216	6,9
150	22	2,5	40	63	2,17	228	6,2
150	22	2,5	40	63	2,17	240	5,4
150	22	2,5	40	63	2,17	252	5,9
150	22	2,5	40	63	2,17	264	6,5
150	22	2,5	40	63	2,17	276	6,9
150	22	2,5	40	63	2,17	288	6
150	22	2,5	40	63	2,17	300	6,9
150	22	2,5	40	63	2,17	312	6
150	22	2,5	40	63	2,17	324	6,8
150	22	2,5	40	63	2,17	336	6,6
150	22	2,5	40	63	2,17	348	6,5
150	22	2,5	40	63	2,17	360	6,5
150	22	2,5	40	63	1,52	12	5,9
150	22	2,5	40	63	1,52	24	5,1
150	22	2,5	40	63	1,52	36	8,6
150	22	2,5	40	63	1,52	48	5,8
150	22	2,5	40	63	1,52	60	5,6

150	22	2,5	40	63	1,52	72	7,2
150	22	2,5	40	63	1,52	84	4,5
150	22	2,5	40	63	1,52	96	11,6
150	22	2,5	40	63	1,52	108	5,8
150	22	2,5	40	63	1,52	120	6,6
150	22	2,5	40	63	1,52	132	5,5
150	22	2,5	40	63	1,52	144	6,1
150	22	2,5	40	63	1,52	156	5,8
150	22	2,5	40	63	1,52	168	6,4
150	22	2,5	40	63	1,52	180	6,3
150	22	2,5	40	63	1,52	192	6,3
150	22	2,5	40	63	1,52	204	6,7
150	22	2,5	40	63	1,52	216	5,8
150	22	2,5	40	63	1,52	228	5,9
150	22	2,5	40	63	1,52	240	6,1
150	22	2,5	40	63	1,52	252	5,9
150	22	2,5	40	63	1,52	264	6,9
150	22	2,5	40	63	1,52	276	6,3
150	22	2,5	40	63	1,52	288	5,9
150	22	2,5	40	63	1,52	300	6
150	22	2,5	40	63	1,52	312	6,6
150	22	2,5	40	63	1,52	324	6,3
150	22	2,5	40	63	1,52	336	6,8
150	22	2,5	40	63	1,52	348	5,1
150	22	2,5	40	63	1,52	360	6,2

Lampiran 6. Tabel Hasil Normalisasi 0.1 s.d 0.9 untuk Optimas dengan *Modeling* Jaringan Saraf Tiruan

Data Training (Normalized 0.1 s.d 0.9)							
I (A)	V (Volt)	Flow Gas (l/min)	Tip (mm)	Wire Speed (mm/s)	v (mm/s)	θ	Width actual
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,10	0,34
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,13	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,16	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,18	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,21	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,24	0,48
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,27	0,34
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,29	0,31
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,32	0,31
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,35	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,38	0,38

0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,40	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,43	0,34
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,46	0,34
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,49	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,51	0,31
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,54	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,57	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,60	0,31
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,62	0,55
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,65	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,68	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,71	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,73	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,76	0,44
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,79	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,82	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,84	0,31
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,87	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,90	0,90	0,10
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,10	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,13	0,42
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,16	0,31
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,18	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,21	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,24	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,27	0,44
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,29	0,40
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,32	0,45
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,35	0,40
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,38	0,40
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,40	0,28
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,43	0,24
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,46	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,49	0,44
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,51	0,36
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,54	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,57	0,36
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,60	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,62	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,65	0,39
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,68	0,46
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,71	0,40
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,73	0,36
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,76	0,30

0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,79	0,36
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,82	0,35
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,84	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,87	0,43
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,53	0,90	0,34
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,10	0,44
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,13	0,36
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,16	0,45
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,18	0,49
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,21	0,28
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,24	0,47
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,27	0,44
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,29	0,32
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,32	0,40
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,35	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,38	0,42
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,40	0,47
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,43	0,47
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,46	0,40
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,49	0,49
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,51	0,35
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,54	0,46
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,57	0,39
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,60	0,33
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,62	0,43
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,65	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,68	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,71	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,73	0,42
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,76	0,38
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,79	0,46
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,82	0,40
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,84	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,87	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,90	0,10
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,10	0,63
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,13	0,61
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,16	0,57
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,18	0,50
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,21	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,24	0,56
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,27	0,55
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,29	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,32	0,53

0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,35	0,50
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,38	0,72
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,40	0,49
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,43	0,53
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,46	0,57
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,49	0,52
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,51	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,54	0,58
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,57	0,58
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,60	0,53
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,62	0,47
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,65	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,68	0,55
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,71	0,58
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,73	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,76	0,58
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,79	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,82	0,57
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,84	0,56
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,87	0,55
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,28	0,90	0,55
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,10	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,13	0,45
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,16	0,69
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,18	0,50
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,21	0,49
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,24	0,60
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,27	0,41
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,29	0,90
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,32	0,50
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,35	0,56
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,38	0,48
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,40	0,52
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,43	0,50
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,46	0,54
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,49	0,53
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,51	0,53
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,54	0,56
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,57	0,50
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,60	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,62	0,52
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,65	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,68	0,58
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,71	0,53

0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,73	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,76	0,51
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,79	0,56
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,82	0,53
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,84	0,57
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,87	0,45
0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10	0,90	0,53

Lampiran 7. Tabel Hasil Optimasi kecepatan berdasarkan lebar digunakan untuk *Feedback Controller*

Data Original									
I (A)	V (Volt)	Flow Gas (l/min)	Tip (mm)	Wire Speed (mm/s)	θ	v (mm/s)	Δv (mm/s)	error	$\Delta error$
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	12,00	4,45	0,92	1	-2.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	12,00	3,09	0,46	0.5	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	12,00	2,29	-0,46	-0.5	1.30
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	12,00	2,17	-2,94	-3.2	0.30
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	12,00	1,52	-1,28	-1.4	0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	24,00	4,45		-1.5	2.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	24,00	3,09		-0.1	1.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	24,00	2,29		0.8	-1.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	24,00	2,17		-2.9	0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	24,00	1,52		-0.6	-3.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	36,00	4,45	0,47	0.5	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	36,00	3,09	1,39	1.5	-3.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	36,00	2,29	-0,54	-0.6	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	36,00	2,17	-2,10	-2.3	1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	36,00	1,52	-1,27	-4.1	2.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	48,00	4,45	-0,49	0.5	-0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	48,00	3,09	-2,32	-1.5	1.90

150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	48,00	2,29	-2,05	-1.2	3.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	48,00	2,17	-2,14	-1.3	-0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	48,00	1,52	-2,14	-1.3	0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	60,00	4,45	0,46	0	-1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	60,00	3,09	0,82	0.4	-0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	60,00	2,29	2,20	1.9	-2.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	60,00	2,17	-0,92	-1.5	-0.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	60,00	1,52	-0,55	-1.1	-1.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	72,00	4,45		-1	2.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	72,00	3,09		0	-0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	72,00	2,29		-0.9	0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	72,00	2,17		-2.2	0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	72,00	1,52		-2.7	2.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	84,00	4,45	0,93	1	0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	84,00	3,09	-0,35	-0.4	0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	84,00	2,29	-0,35	-0.4	1.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	84,00	2,17	-1,82	-2	0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	84,00	1,52	0,01	0	-7.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	96,00	4,45	1,53	1.5	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	96,00	3,09	0,34	0.2	-0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	96,00	2,29	1,35	1.3	-1.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	96,00	2,17	-1,22	-1.5	-0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	96,00	1,52	-6,36	-7.1	5.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	108,00	4,45	1,62	1.5	-1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	108,00	3,09	-0,31	-0.6	0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	108,00	2,29	0,33	0.1	-0.10

150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	108,00	2,17	-1,32	-1.7	0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	108,00	1,52	-0,95	-1.3	-0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	120,00	4,45	0,46	0.5	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	120,00	3,09	0,18	0.2	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	120,00	2,29	0,00	0	-0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	120,00	2,17	-1,19	-1.3	-3.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	120,00	1,52	-1,93	-2.1	1.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	132,00	4,45	0,04	0.5	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	132,00	3,09	-0,24	0.2	1.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	132,00	2,29	-0,51	-0.1	-0.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	132,00	2,17	-4,55	-4.5	3.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	132,00	1,52	-1,34	-1	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	144,00	4,45	0,87	0.5	0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	144,00	3,09	2,15	1.9	0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	144,00	2,29	-0,32	-0.8	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	144,00	2,17	-0,60	-1.1	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	144,00	1,52	-1,06	-1.6	0.30
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	156,00	4,45	1,50	1	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	156,00	3,09	2,79	2.4	-2.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	156,00	2,29	-0,15	-0.8	0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	156,00	2,17	-0,97	-1.7	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	156,00	1,52	-0,61	-1.3	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	168,00	4,45	1,07	1	-0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	168,00	3,09	0,52	0.4	-0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	168,00	2,29	0,24	0.1	-1.30
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	168,00	2,17	-1,96	-2.3	0.70

150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	168,00	1,52	-1,60	-1.9	0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	180,00	4,45	0,03	0.5	1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	180,00	3,09	-0,79	-0.4	1.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	180,00	2,29	-1,53	-1.2	2.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	180,00	2,17	-1,89	-1.6	0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	180,00	1,52	-2,08	-1.8	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	192,00	4,45	2,02	1.5	-1.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	192,00	3,09	1,38	0.8	-0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	192,00	2,29	1,47	0.9	-1.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	192,00	2,17	-0,73	-1.5	-1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	192,00	1,52	-1,01	-1.8	-0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	204,00	4,45	-0,20	0	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	204,00	3,09	-0,20	0	0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	204,00	2,29	-0,84	-0.7	1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	204,00	2,17	-2,50	-2.5	0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	204,00	1,52	-2,22	-2.2	0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	216,00	4,45	-0,22	0	1.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	216,00	3,09	0,52	0.8	-0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	216,00	2,29	0,06	0.3	0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	216,00	2,17	-2,42	-2.4	0.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	216,00	1,52	-1,41	-1.3	-0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	228,00	4,45	2,01	1.5	-3.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	228,00	3,09	1,01	0.4	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	228,00	2,29	1,65	1.1	-1.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	228,00	2,17	-0,92	-1.7	0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	228,00	1,52	-0,65	-1.4	-0.20

150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	240,00	4,45		-2	2.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	240,00	3,09		0.4	-0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	240,00	2,29		-0.3	0.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	240,00	2,17		-0.9	-0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	240,00	1,52		-1.6	0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	252,00	4,45	0,62	0.5	-0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	252,00	3,09	0,43	0.3	-1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	252,00	2,29	0,53	0.4	-0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	252,00	2,17	-1,13	-1.4	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	252,00	1,52	-1,13	-1.4	-1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	264,00	4,45	-0,76	0	0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	264,00	3,09	1,40	-0.7	0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	264,00	2,29	2,04	0	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	264,00	2,17	0,20	-2	-0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	264,00	1,52	-0,16	-2.4	0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	276,00	4,45	0,28	0.5	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	276,00	3,09	-0,09	0.1	0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	276,00	2,29	-0,18	0	-0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	276,00	2,17	-2,38	-2.4	0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	276,00	1,52	-1,83	-1.8	0.40
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	288,00	4,45	0,60	0.5	-1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	288,00	3,09	0,78	0.7	0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	288,00	2,29	-0,05	-0.2	0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	288,00	2,17	-1,24	-1.5	-0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	288,00	1,52	-1,15	-1.4	-0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	300,00	4,45	-0,72	-0.5	1.00

150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	300,00	3,09	1,21	1.6	-0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	300,00	2,29	0,10	0.4	-1.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	300,00	2,17	-2,46	-2.4	0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	300,00	1,52	-1,64	-1.5	-0.60
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	312,00	4,45	0,45	0.5	-2.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	312,00	3,09	0,64	0.7	0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	312,00	2,29	-0,65	-0.7	0.90
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	312,00	2,17	-1,38	-1.5	-0.80
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	312,00	1,52	-1,93	-2.1	0.30
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	324,00	4,45		-1.5	3.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	324,00	3,09		0.9	-0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	324,00	2,29		0.2	-0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	324,00	2,17		-2.3	0.20
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	324,00	1,52		-1.8	-0.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	336,00	4,45	1,66	1.5	-1.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	336,00	3,09	0,65	0.4	-0.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	336,00	2,29	0,28	0	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	336,00	2,17	-1,65	-2.1	0.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	336,00	1,52	-1,83	-2.3	1.70
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	348,00	4,45	0,16	0.5	4.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	348,00	3,09	-0,57	-0.3	1.30
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	348,00	2,29	-0,30	0	4.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	348,00	2,17	-2,13	-2	0.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	348,00	1,52	-0,85	-0.6	-1.10
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	360,00	4,45	5,46	4.5	-4.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	360,00	3,09	2,25	1	-1.00

150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	360,00	2,29	5,46	4.5	-4.50
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	360,00	2,17	-0,50	-2	2.00
150,00	22,00	2,50	40,00	63,00	360,00	1,52	-0,22	-1.7	1.70

Lampiran 8. Tabel data untuk *Modelling* dan *Controller* dalam simulasi pengelasan *Feedback Controller*

error	Δ error	Δv (mm/s)
0.5	-0.60	0.46
-0.5	1.30	-0.46
-0.6	-0.60	-0.54
0	-1.00	0.46
0.4	-0.40	0.82
-0.4	0.60	-0.35
-0.4	1.70	-0.35
0.2	-0.80	0.34
-0.6	0.80	-0.31
0.1	-0.10	0.33
-1.3	-0.80	-0.95
0.5	0.00	0.46
0.2	0.00	0.18
0	-0.10	0.00
0.5	0.00	0.04
0.2	1.70	-0.24
-0.1	-0.70	-0.51
0.5	0.50	0.87
-0.8	0.00	-0.32
-1.1	-0.60	-0.60
-0.8	0.90	-0.15
-1.3	-0.60	-0.61
0.4	-0.80	0.52
0.1	-1.30	0.24
0.5	1.00	0.03
-0.4	1.20	-0.79
0	0.00	-0.20
0	0.80	-0.20
-0.7	1.00	-0.84
0	1.50	-0.22
0.3	0.80	0.06
0.5	-0.50	0.62
0.3	-1.00	0.43

0.4	-0.40	0.53					
0	0.50	-0.76					
0.5	0.00	0.28					
0.1	0.60	-0.09					
0	-0.20	-0.18					
0.5	-1.00	0.60					
0.7	0.90	0.78					
-0.2	0.60	-0.05					
-0.5	1.00	-0.72					
0.4	-1.10	0.10					
0.5	-2.00	0.45					
0.7	0.20	0.64					
-0.7	0.90	-0.65					
0.4	-0.70	0.65					
0	0.00	0.28					
-0.3	1.30	-0.57					
-0.6	-1.10	-0.85					
I (A)	V (Volt)	Flow Gas (l/min)	Tip (mm)	Wire Speed (mm/s)	v (mm/s)	θ	Width actual
150	22	2.5	40	63	4.45	12	3.5
150	22	2.5	40	63	4.45	60	4.5
150	22	2.5	40	63	4.45	96	3
150	22	2.5	40	63	4.45	120	4
150	22	2.5	40	63	4.45	132	4
150	22	2.5	40	63	4.45	144	4
150	22	2.5	40	63	4.45	156	3.5
150	22	2.5	40	63	4.45	168	3.5
150	22	2.5	40	63	4.45	180	4
150	22	2.5	40	63	4.45	192	3
150	22	2.5	40	63	4.45	204	4.5
150	22	2.5	40	63	4.45	216	4.5
150	22	2.5	40	63	4.45	228	3
150	22	2.5	40	63	4.45	252	4
150	22	2.5	40	63	4.45	264	4.5
150	22	2.5	40	63	4.45	276	4
150	22	2.5	40	63	4.45	288	4
150	22	2.5	40	63	4.45	300	5
150	22	2.5	40	63	4.45	312	4
150	22	2.5	40	63	4.45	336	3
150	22	2.5	40	63	4.45	360	0
150	22	2.5	40	63	3.09	12	4
150	22	2.5	40	63	3.09	36	3
150	22	2.5	40	63	3.09	48	6

150	22	2.5	40	63	3.09	60	4.1
150	22	2.5	40	63	3.09	84	4.9
150	22	2.5	40	63	3.09	96	4.3
150	22	2.5	40	63	3.09	108	5.1
150	22	2.5	40	63	3.09	120	4.3
150	22	2.5	40	63	3.09	132	4.3
150	22	2.5	40	63	3.09	168	4.1
150	22	2.5	40	63	3.09	180	4.9
150	22	2.5	40	63	3.09	192	3.7
150	22	2.5	40	63	3.09	204	4.5
150	22	2.5	40	63	3.09	228	4.1
150	22	2.5	40	63	3.09	252	4.2
150	22	2.5	40	63	3.09	264	5.2
150	22	2.5	40	63	3.09	276	4.4
150	22	2.5	40	63	3.09	288	3.8
150	22	2.5	40	63	3.09	312	3.8
150	22	2.5	40	63	3.09	336	4.1
150	22	2.5	40	63	3.09	348	4.8
150	22	2.5	40	63	3.09	360	3.5
150	22	2.5	40	63	2.29	12	5
150	22	2.5	40	63	2.29	36	5.1
150	22	2.5	40	63	2.29	48	5.7
150	22	2.5	40	63	2.29	84	4.9
150	22	2.5	40	63	2.29	96	3.2
150	22	2.5	40	63	2.29	108	4.4
150	22	2.5	40	63	2.29	120	4.5
150	22	2.5	40	63	2.29	132	4.6
150	22	2.5	40	63	2.29	144	5.3
150	22	2.5	40	63	2.29	156	5.3
150	22	2.5	40	63	2.29	168	4.4
150	22	2.5	40	63	2.29	180	5.7
150	22	2.5	40	63	2.29	192	3.6
150	22	2.5	40	63	2.29	204	5.2
150	22	2.5	40	63	2.29	216	4.2
150	22	2.5	40	63	2.29	228	3.4
150	22	2.5	40	63	2.29	252	4.1
150	22	2.5	40	63	2.29	264	4.5
150	22	2.5	40	63	2.29	276	4.5
150	22	2.5	40	63	2.29	288	4.7
150	22	2.5	40	63	2.29	300	4.1
150	22	2.5	40	63	2.29	312	5.2
150	22	2.5	40	63	2.29	336	4.5
150	22	2.5	40	63	2.29	348	4.5
150	22	2.5	40	63	2.29	360	0

150	22	2.5	40	63	2.17	12	7.7
150	22	2.5	40	63	2.17	36	6.8
150	22	2.5	40	63	2.17	48	5.8
150	22	2.5	40	63	2.17	96	6
150	22	2.5	40	63	2.17	120	5.8
150	22	2.5	40	63	2.17	144	5.6
150	22	2.5	40	63	2.17	180	6.1
150	22	2.5	40	63	2.17	312	6
150	22	2.5	40	63	2.17	336	6.6
150	22	2.5	40	63	1.52	12	5.9
150	22	2.5	40	63	1.52	48	5.8
150	22	2.5	40	63	1.52	84	4.5
150	22	2.5	40	63	1.52	108	5.8
150	22	2.5	40	63	1.52	132	5.5
150	22	2.5	40	63	1.52	156	5.8
150	22	2.5	40	63	1.52	168	6.4
150	22	2.5	40	63	1.52	180	6.3
150	22	2.5	40	63	1.52	204	6.7
150	22	2.5	40	63	1.52	216	5.8
150	22	2.5	40	63	1.52	276	6.3
150	22	2.5	40	63	1.52	348	5.1

Lampiran 9. Tabel Hasil Optimasi lebar manik las dengan *Modeling Jaringan Saraf Tiruan*

Flow Gas (l/min)	Tip (mm)	Wire Speed (mm/s)	v (mm/s)	θ	Width actual	Width NN	Width optimasi NN	Error
2.5	40	63	4.45	12	3.5	0.34	3.51	0.01
2.5	40	63	4.45	24	6	0.51	5.93	-0.07
2.5	40	63	4.45	36	4	0.38	4.13	0.13
2.5	40	63	4.45	48	4	0.38	3.99	-0.01
2.5	40	63	4.45	60	4.5	0.41	4.44	-0.06
2.5	40	63	4.45	72	5.5	0.48	5.46	-0.04
2.5	40	63	4.45	84	3.5	0.36	3.74	0.24
2.5	40	63	4.45	96	3	0.29	2.77	-0.23
2.5	40	63	4.45	108	3	0.32	3.20	0.20
2.5	40	63	4.45	120	4	0.38	4.00	0.00
2.5	40	63	4.45	132	4	0.39	4.24	0.24
2.5	40	63	4.45	144	4	0.37	3.86	-0.14
2.5	40	63	4.45	156	3.5	0.34	3.53	0.03
2.5	40	63	4.45	168	3.5	0.34	3.49	-0.01
2.5	40	63	4.45	180	4	0.38	3.99	-0.01
2.5	40	63	4.45	192	3	0.32	3.16	0.16
2.5	40	63	4.45	204	4.5	0.41	4.47	-0.03
2.5	40	63	4.45	216	4.5	0.40	4.36	-0.14

2.5	40	63	4.45	228	3	0.34	3.45	0.45
2.5	40	63	4.45	240	6.5	0.52	6.15	-0.35
2.5	40	63	4.45	252	4	0.39	4.24	0.24
2.5	40	63	4.45	264	4.5	0.40	4.42	-0.08
2.5	40	63	4.45	276	4	0.38	4.06	0.06
2.5	40	63	4.45	288	4	0.39	4.18	0.18
2.5	40	63	4.45	300	5	0.43	4.77	-0.23
2.5	40	63	4.45	312	4	0.40	4.34	0.34
2.5	40	63	4.45	324	6	0.46	5.28	-0.72
2.5	40	63	4.45	336	3	0.38	4.11	1.11
2.5	40	63	4.45	348	4	0.33	3.39	-0.61
2.5	40	63	4.45	360	0	0.13	0.37	0.37
2.5	40	63	3.09	12	4	0.40	4.34	0.34
2.5	40	63	3.09	24	4.6	0.41	4.49	-0.11
2.5	40	63	3.09	36	3	0.35	3.69	0.69
2.5	40	63	3.09	48	6	0.43	4.81	-1.19
2.5	40	63	3.09	60	4.1	0.40	4.39	0.29
2.5	40	63	3.09	72	4.5	0.39	4.28	-0.22
2.5	40	63	3.09	84	4.9	0.45	5.08	0.18
2.5	40	63	3.09	96	4.3	0.40	4.34	0.04
2.5	40	63	3.09	108	5.1	0.44	4.98	-0.12
2.5	40	63	3.09	120	4.3	0.41	4.48	0.18
2.5	40	63	3.09	132	4.3	0.40	4.28	-0.02
2.5	40	63	3.09	144	2.6	0.29	2.72	0.12
2.5	40	63	3.09	156	2.1	0.23	1.86	-0.24
2.5	40	63	3.09	168	4.1	0.39	4.17	0.07
2.5	40	63	3.09	180	4.9	0.43	4.81	-0.09
2.5	40	63	3.09	192	3.7	0.37	3.91	0.21
2.5	40	63	3.09	204	4.5	0.41	4.44	-0.06
2.5	40	63	3.09	216	3.7	0.36	3.80	0.10
2.5	40	63	3.09	228	4.1	0.37	3.95	-0.15
2.5	40	63	3.09	240	4.1	0.39	4.16	0.06
2.5	40	63	3.09	252	4.2	0.38	4.13	-0.07
2.5	40	63	3.09	264	5.2	0.46	5.23	0.03
2.5	40	63	3.09	276	4.4	0.40	4.41	0.01
2.5	40	63	3.09	288	3.8	0.36	3.72	-0.08
2.5	40	63	3.09	300	2.9	0.30	2.93	0.03
2.5	40	63	3.09	312	3.8	0.36	3.70	-0.10
2.5	40	63	3.09	324	3.6	0.36	3.81	0.21
2.5	40	63	3.09	336	4.1	0.37	3.85	-0.25
2.5	40	63	3.09	348	4.8	0.44	4.89	0.09
2.5	40	63	3.09	360	3.5	0.34	3.45	-0.05
2.5	40	63	2.29	12	5	0.44	4.93	-0.07
2.5	40	63	2.29	24	3.7	0.35	3.65	-0.05

2.5	40	63	2.29	36	5.1	0.46	5.23	0.13
2.5	40	63	2.29	48	5.7	0.48	5.50	-0.20
2.5	40	63	2.29	60	2.6	0.30	2.92	0.32
2.5	40	63	2.29	72	5.4	0.48	5.55	0.15
2.5	40	63	2.29	84	4.9	0.38	4.08	-0.82
2.5	40	63	2.29	96	3.2	0.34	3.44	0.24
2.5	40	63	2.29	108	4.4	0.40	4.37	-0.03
2.5	40	63	2.29	120	4.5	0.41	4.51	0.01
2.5	40	63	2.29	132	4.6	0.43	4.81	0.21
2.5	40	63	2.29	144	5.3	0.46	5.25	-0.05
2.5	40	63	2.29	156	5.3	0.47	5.43	0.13
2.5	40	63	2.29	168	4.4	0.40	4.34	-0.06
2.5	40	63	2.29	180	5.7	0.48	5.45	-0.25
2.5	40	63	2.29	192	3.6	0.37	3.91	0.31
2.5	40	63	2.29	204	5.2	0.45	5.03	-0.17
2.5	40	63	2.29	216	4.2	0.40	4.28	0.08
2.5	40	63	2.29	228	3.4	0.34	3.42	0.02
2.5	40	63	2.29	240	4.8	0.41	4.51	-0.29
2.5	40	63	2.29	252	4.1	0.40	4.40	0.30
2.5	40	63	2.29	264	4.5	0.39	4.27	-0.23
2.5	40	63	2.29	276	4.5	0.42	4.65	0.15
2.5	40	63	2.29	288	4.7	0.41	4.55	-0.15
2.5	40	63	2.29	300	4.1	0.38	4.11	0.01
2.5	40	63	2.29	312	5.2	0.46	5.21	0.01
2.5	40	63	2.29	324	4.3	0.40	4.37	0.07
2.5	40	63	2.29	336	4.5	0.41	4.49	-0.01
2.5	40	63	2.29	348	4.5	0.41	4.43	-0.07
2.5	40	63	2.29	360	0	0.11	0.09	0.09
2.5	40	63	2.17	12	7.7	0.63	7.69	-0.01
2.5	40	63	2.17	24	7.4	0.61	7.45	0.05
2.5	40	63	2.17	36	6.8	0.56	6.61	-0.19
2.5	40	63	2.17	48	5.8	0.52	6.07	0.27
2.5	40	63	2.17	60	6	0.49	5.72	-0.28
2.5	40	63	2.17	72	6.7	0.59	7.08	0.38
2.5	40	63	2.17	84	6.5	0.51	6.02	-0.48
2.5	40	63	2.17	96	6	0.51	5.92	-0.08
2.5	40	63	2.17	108	6.2	0.53	6.19	-0.01
2.5	40	63	2.17	120	5.8	0.52	6.04	0.24
2.5	40	63	2.17	132	9	0.67	8.25	-0.75
2.5	40	63	2.17	144	5.6	0.54	6.31	0.71
2.5	40	63	2.17	156	6.2	0.51	5.97	-0.23
2.5	40	63	2.17	168	6.8	0.57	6.85	0.05
2.5	40	63	2.17	180	6.1	0.53	6.17	0.07
2.5	40	63	2.17	192	6	0.50	5.86	-0.14

2.5	40	63	2.17	204	7	0.58	6.94	-0.06
2.5	40	63	2.17	216	6.9	0.59	7.14	0.24
2.5	40	63	2.17	228	6.2	0.50	5.87	-0.33
2.5	40	63	2.17	240	5.4	0.50	5.84	0.44
2.5	40	63	2.17	252	5.9	0.49	5.59	-0.31
2.5	40	63	2.17	264	6.5	0.56	6.72	0.22
2.5	40	63	2.17	276	6.9	0.56	6.73	-0.17
2.5	40	63	2.17	288	6	0.53	6.21	0.21
2.5	40	63	2.17	300	6.9	0.56	6.71	-0.19
2.5	40	63	2.17	312	6	0.53	6.17	0.17
2.5	40	63	2.17	324	6.8	0.56	6.74	-0.06
2.5	40	63	2.17	336	6.6	0.55	6.52	-0.08
2.5	40	63	2.17	348	6.5	0.57	6.78	0.28
2.5	40	63	2.17	360	6.5	0.54	6.40	-0.10
2.5	40	63	1.52	12	5.9	0.50	5.74	-0.16
2.5	40	63	1.52	24	5.1	0.49	5.62	0.52
2.5	40	63	1.52	36	8.6	0.63	7.66	-0.94
2.5	40	63	1.52	48	5.8	0.53	6.31	0.51
2.5	40	63	1.52	60	5.6	0.50	5.86	0.26
2.5	40	63	1.52	72	7.2	0.54	6.32	-0.88
2.5	40	63	1.52	84	4.5	0.53	6.20	1.70
2.5	40	63	1.52	96	11.6	0.78	9.84	-1.76
2.5	40	63	1.52	108	5.8	0.55	6.57	0.77
2.5	40	63	1.52	120	6.6	0.51	5.94	-0.66
2.5	40	63	1.52	132	5.5	0.49	5.68	0.18
2.5	40	63	1.52	144	6.1	0.51	5.95	-0.15
2.5	40	63	1.52	156	5.8	0.50	5.75	-0.05
2.5	40	63	1.52	168	6.4	0.54	6.45	0.05
2.5	40	63	1.52	180	6.3	0.52	6.15	-0.15
2.5	40	63	1.52	192	6.3	0.54	6.33	0.03
2.5	40	63	1.52	204	6.7	0.56	6.62	-0.08
2.5	40	63	1.52	216	5.8	0.50	5.81	0.01
2.5	40	63	1.52	228	5.9	0.51	5.98	0.08
2.5	40	63	1.52	240	6.1	0.52	6.07	-0.03
2.5	40	63	1.52	252	5.9	0.51	5.92	0.02
2.5	40	63	1.52	264	6.9	0.58	7.03	0.13
2.5	40	63	1.52	276	6.3	0.52	6.12	-0.18
2.5	40	63	1.52	288	5.9	0.52	6.04	0.14
2.5	40	63	1.52	300	6	0.51	6.01	0.01
2.5	40	63	1.52	312	6.6	0.54	6.43	-0.17
2.5	40	63	1.52	324	6.3	0.56	6.65	0.35
2.5	40	63	1.52	336	6.8	0.54	6.42	-0.38
2.5	40	63	1.52	348	5.1	0.46	5.26	0.16
2.5	40	63	1.52	360	6.2	0.53	6.19	-0.01

Lampiran 10. Datasheet Driver Motor untuk Motor Stepper Bipolar

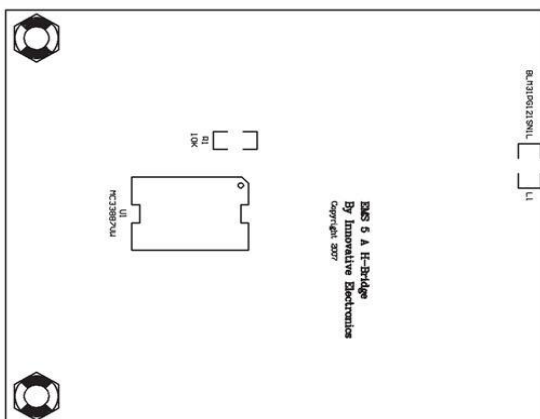
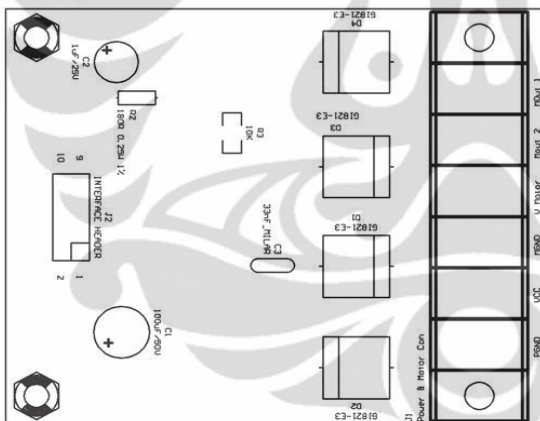
EMS (Embedded Module Series) 5 A H-Bridge

EMS 5 A H-Bridge merupakan driver H-Bridge yang didisain untuk menghasilkan drive 2 arah dengan arus kontinyu sampai dengan 5 A pada tegangan 5 Volt sampai 40 Volt. Modul ini dilengkapi dengan rangkaian sensor arus beban yang dapat digunakan sebagai umpan balik ke pengendali. Modul ini mampu men-drive beban-beban induktif seperti misalnya relay, solenoida, motor DC, motor stepper, dan berbagai macam beban lainnya.

Spesifikasi

1. Terdiri dari 1 driver full H-Bridge beserta rangkaian current sense.
2. Mampu melewati arus kontinyu 5 A.
3. Range tegangan output untuk beban: 5 V sampai 40 V.
4. Input kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS.
5. Jalur catu daya input (VCC) terpisah dari jalur catu daya untuk beban (V Mot).
6. Output tri-state.
7. Dilengkapi dengan dioda eksternal untuk pengaman beban induktif.
8. Frekuensi PWM sampai dengan 10 KHz.
9. Active Current Limiting.
10. Proteksi hubungan singkat.
11. Proteksi overtemperature.
12. Undervoltage Shutdown.

Tata Letak



Alokasi Pin Interface Header J2			
Pin	Nama	I/O	Fungsi
1	MIN1	I	Pin input untuk menentukan output MOUT 1
2	MIN2	I	Pin input untuk menentukan output MOUT 2
3	MSTAT1	O	Output digital yang melaporkan adanya kondisi <i>fault</i> pada modul. Berlogika Low jika ada <i>fault</i> pada modul atau output
4	MEN	I	Pin <i>enable</i> untuk output H-Bridge (MOUT 1 dan MOUT 2)
5	MCS	O	Output tegangan analog yang berbanding lurus dengan arus beban (<i>Range</i> output 0 - 2,5 Volt)
6	MSLP	I	Pin input untuk mengatur kerja modul H-Bridge. Diberi logika High untuk <i>Full Operation</i> , diberi logika Low untuk <i>Mode Sleep</i>
7,9	VCC	-	Terhubung ke catu daya untuk input (5 Volt)
8,10	PGND	-	Titik referensi untuk catu daya input

Alokasi Konektor Power & Motor Con J1	
Nama	Fungsi
PGND	Titik referensi untuk catu daya input
VCC	Terhubung ke catu daya untuk input (5 Volt)
MGND	Titik referensi untuk catu daya output ke beban
V MOTOR (V MOT)	Terhubung ke catu daya untuk output ke beban
MOUT 2	Output ke beban dari <i>half</i> H-Bridge kedua
MOUT 1	Output ke beban dari <i>half</i> H-Bridge pertama

Tabel kebenaran dari modul H-Bridge adalah sebagai berikut:

Status kerja modul H-Bridge	Input				Status Flag	Output	
	MSLP	MEN	MIN1	MIN2	MSTAT1	MOUT 1	MOUT 2
Forward	H	H	H	L	H	V MOT	MGND
Reverse	H	H	L	H	H	MGND	V MOT
Freewheeling Low	H	H	L	L	H	MGND	MGND
Freewheeling High	H	H	H	H	H	V MOT	V MOT
Free Running Stop	H	L	X	X	L	Z	Z
MIN1 tidak terhubung	H	H	Z	X	H	V MOT	X
MIN2 tidak terhubung	H	H	X	Z	H	X	V MOT
MEN tidak terhubung	H	Z	X	X	L	Z	Z
Undervoltage ¹	H	X	X	X	L	Z	Z
Overtemperature ¹	H	X	X	X	L	Z	Z
Short Circuit ¹	H	X	X	X	L	Z	Z
Mode Sleep	L	X	X	X	H	Z	Z

¹ Deskripsi lebih jelas tentang status kerja tersebut dapat dilihat pada datasheet IC yang telah disertakan.

Keterangan:
 H = High
 X = don't care
 L = Low
 Z = High Impedance (Tri-state)

Arus (dalam Ampere) yang dilewatkan oleh H-Bridge dapat dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{\text{Tegangan_output_pada_pin_MCS}}{180} \times 375$$

- Lakukan pengujian dengan memberikan logika High (+5V) atau Low (0V) pada bagian input (MIN1, MIN2, MEN, dan MSLP) sesuai dengan tabel kebenaran.
- Bagian output (MOUT 1, MOUT 2, dan MSTAT1) akan menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai dengan fungsi-fungsi yang tercantum tabel kebenaran tersebut.

Isi CD

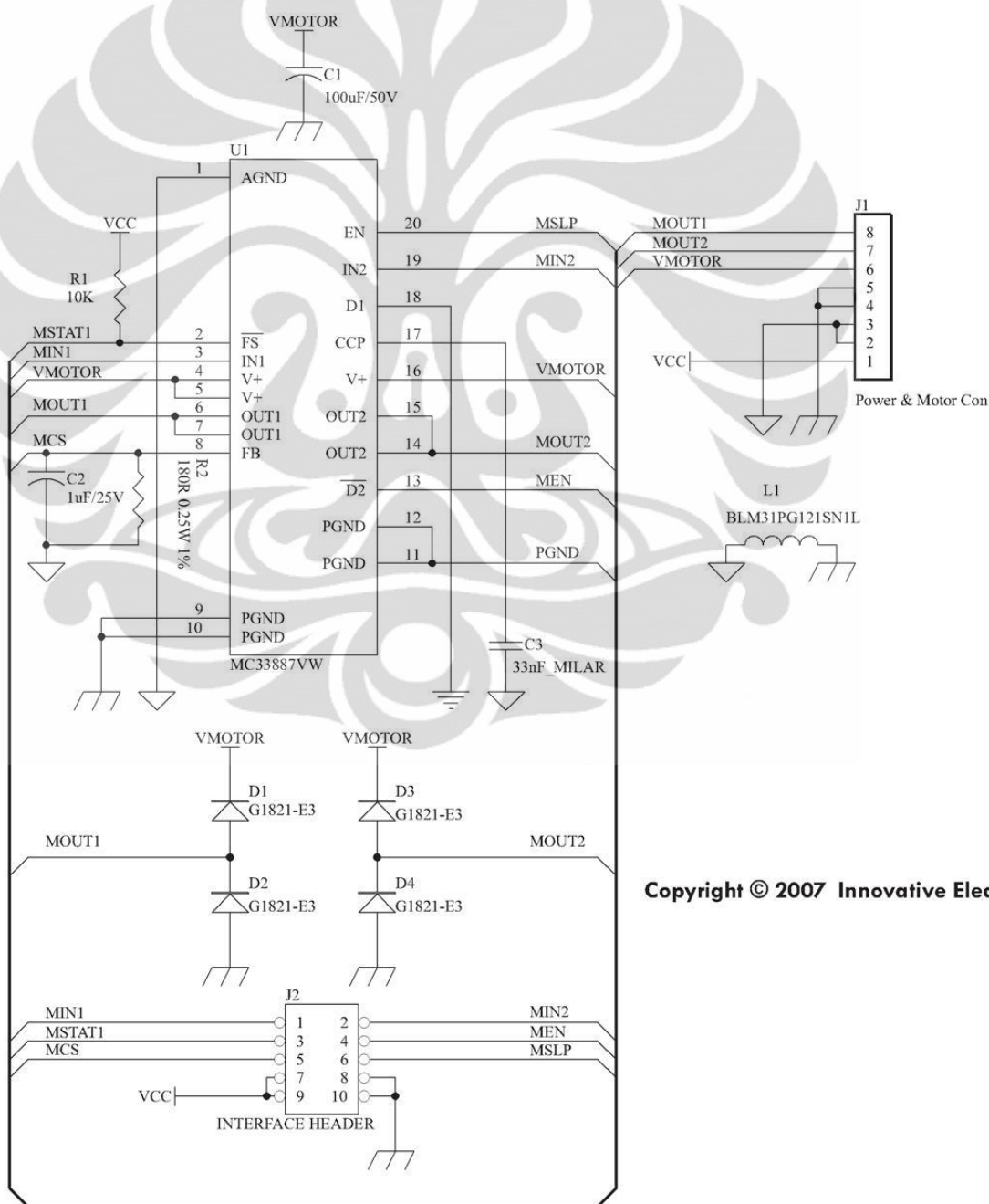
1. Manual & Quick Start EMS 5 A H-Bridge.
2. Datasheet.
3. Website Innovative Electronics.

* Terima Kasih atas kepercayaan Anda menggunakan produk kami, bila ada kesulitan, pertanyaan atau saran mengenai produk ini silahkan menghubungi technical support kami:

Support@innovativeelectronics.com

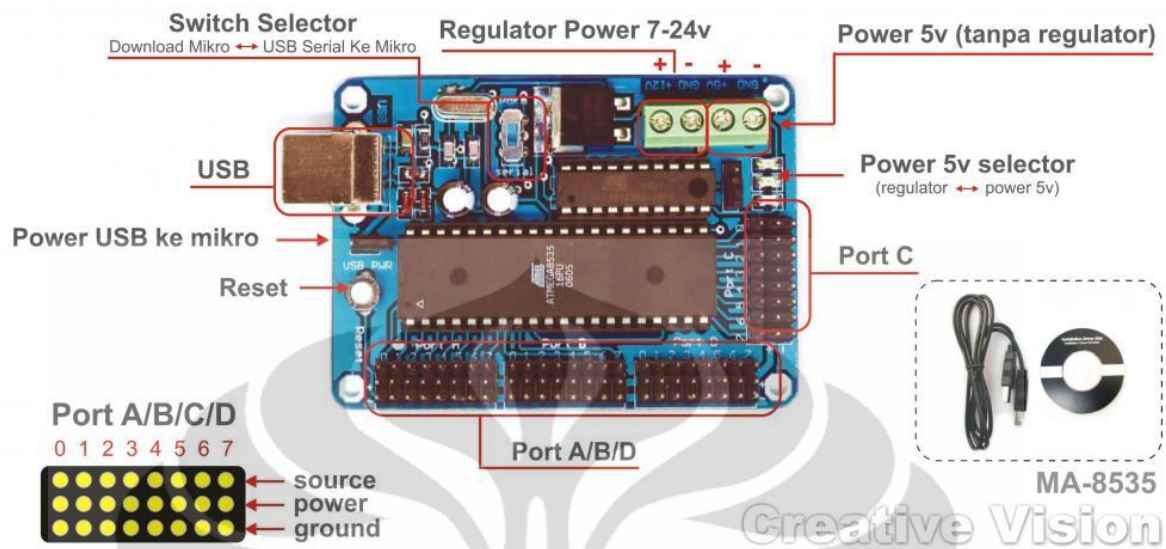
Prosedur Testing

- Hubungkan sumber catu daya untuk input (VCC) dan catu daya untuk beban (V Mot).



Copyright © 2007 Innovative Electronics

Lampiran 11. Gambar skema *Mikro AVR 8535*



Lampiran 12. Datasheet Camera CCD



Guppy PRO F-032

Specifications

Guppy PRO	F-032
Interface	IEEE 1394b - 800 Mb/s, 1 port
Resolution	656 x 492
Sensor	Sony ICX424
Type	CCD Progressive
Sensor Size	Type 1/3
Cell size	7.4 μ m
Lens mount	C
Max frame rate at full resolution	79 fps
A/D	12 bit
On-board FIFO	0 MB
Output	
Bit depth	8-12 bit
Mono modes	8/12/16
Color modes YUV	411/422
Color modes RGB	RGB8
Raw modes	8/12/16
General purpose inputs/outputs (GPIOs)	
TTL I/Os	0
Opto-coupled I/Os	1/3
RS-232	0
Power/Mass/Dimensions/Regulations	
Power requirements (DC)	8 V - 36 V
Power consumption (12 V)	3 W
Mass	80 g
Body Dimensions (L x W x H in mm)	44.8 x 29 x 29 mm incl. connectors
Regulations	CE, FCC Class B, RoHS

Lampiran 13. Laporan Stress Analisis

Autodesk®

Analyzed File:	rangkaian alat.iam
Autodesk Inventor Version:	2012 (Build 160160000, 160)
Creation Date:	1/5/2012, 12:57 PM
Simulation Author:	PIPEWELDINGVISION
Summary:	

☐ Project Info (iProperties)

☐ Summary

Author	Arif Gunawan
--------	--------------

☐ Project

Part Number	rangkaian alat
Designer	Arif Gunawan
Cost	\$0.00
Date Created	10/4/2011

☐ Status

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

☐ Physical

Mass	1.73439 kg
Area	505376 mm ²
Volume	1634420 mm ³
Center of Gravity	x=2.77243 mm y=40.7194 mm z=135.593 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

☐ Simulation:1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	1/5/2012, 12:53 PM
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Advanced settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0.1
--	-----

Universitas Indonesia

Min. Element Size (fraction of avg. size)	0.2
Grading Factor	1.5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

☐ **Material(s)**

Name	Steel	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0.3 ul
	Shear Modulus	80.7692 GPa
Stress Thermal	Expansion Coefficient	0.000012 ul/c
	Thermal Conductivity	56 W/(m K)
	Specific Heat	460 J/(kg c)
Part Name(s)	shaft gear Spur Gear1 Spur Gear2	

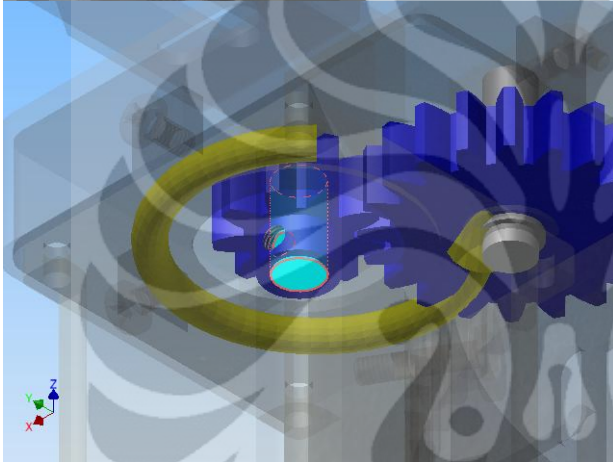
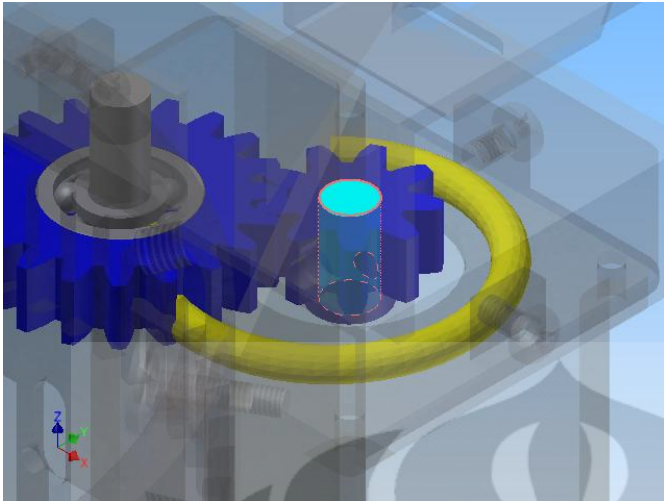
Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7.86 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0.275 ul
	Shear Modulus	86.2745 GPa
Stress Thermal	Expansion Coefficient	0.000012 ul/c
	Thermal Conductivity	56 W/(m K)
	Specific Heat	460 J/(kg c)
Part Name(s)	BS 290 SKF- with one low-friction seal SKF 608-RZ	

☐ **Operating conditions**

☐ **Moment:1**

Load Type	Moment
Magnitude	100.000 N mm
Vector X	0.000 N mm
Vector Y	0.000 N mm

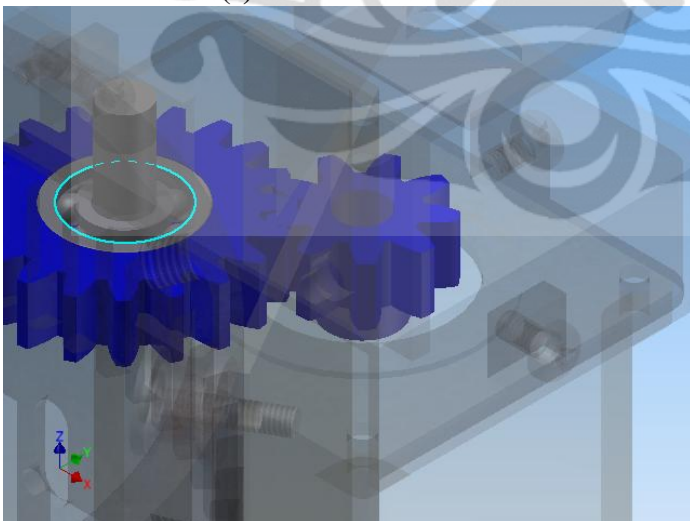
☐ **Selected Face(s)**

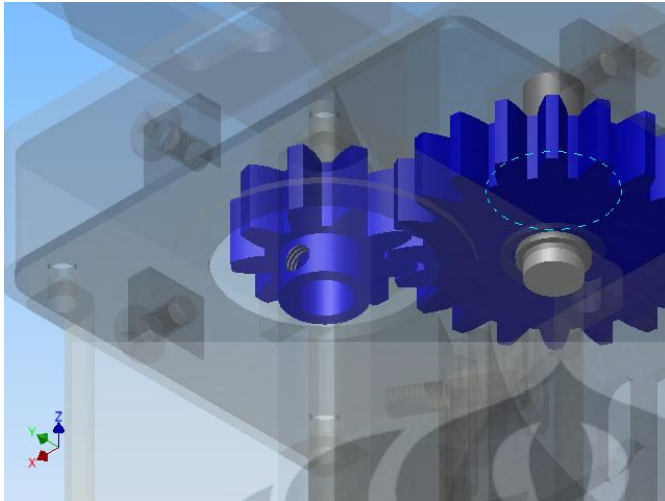


☐ **Fixed Constraint:1**

Constraint Type Fixed Constraint

☐ **Selected Face(s)**





☐ **Results**

☐ **Reaction Force and Moment on Constraints**

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	0.132919 N	-0.131693 N	0.0888664 N m	-0.000291903 N m
		-0.0180125 N		0.0014801 N m
		0 N		0.0888536 N m

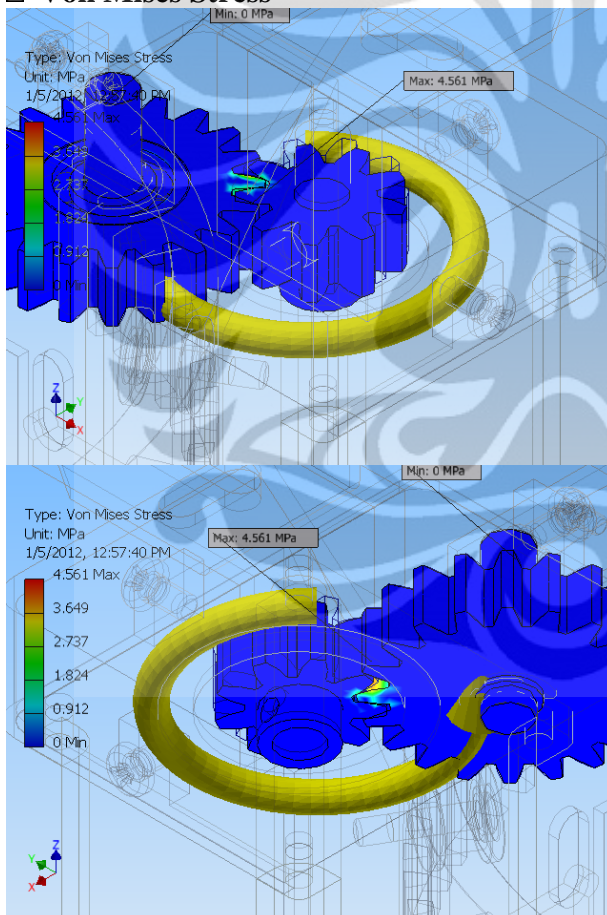
☐ **Result Summary**

Name	Minimum	Maximum
Volume	1634410 mm ³	
Mass	0.119664 kg	
Von Mises Stress	0.000000792543 MPa	4.56104 MPa
1st Principal Stress	-0.726504 MPa	5.18968 MPa
3rd Principal Stress	-3.08708 MPa	0.76293 MPa
Displacement	0 mm	0.00152618 mm
Safety Factor	15 ul	15 ul
Stress XX	-2.55546 MPa	3.38053 MPa
Stress XY	-1.12898 MPa	2.4701 MPa
Stress XZ	-0.52248 MPa	0.958799 MPa
Stress YY	-2.6755 MPa	2.26064 MPa
Stress YZ	-0.726295 MPa	0.546852 MPa
Stress ZZ	-0.867764 MPa	1.28765 MPa
X Displacement	-0.000351225 mm	0.00125705 mm
Y Displacement	-0.00136097 mm	0.000231435 mm
Z Displacement	-0.0000123769 mm	0.0000156595 mm
Equivalent Strain	0.00000000000329093 ul	0.0000197484 ul
1st Principal Strain	-0.0000000319515 ul	0.0000226229 ul

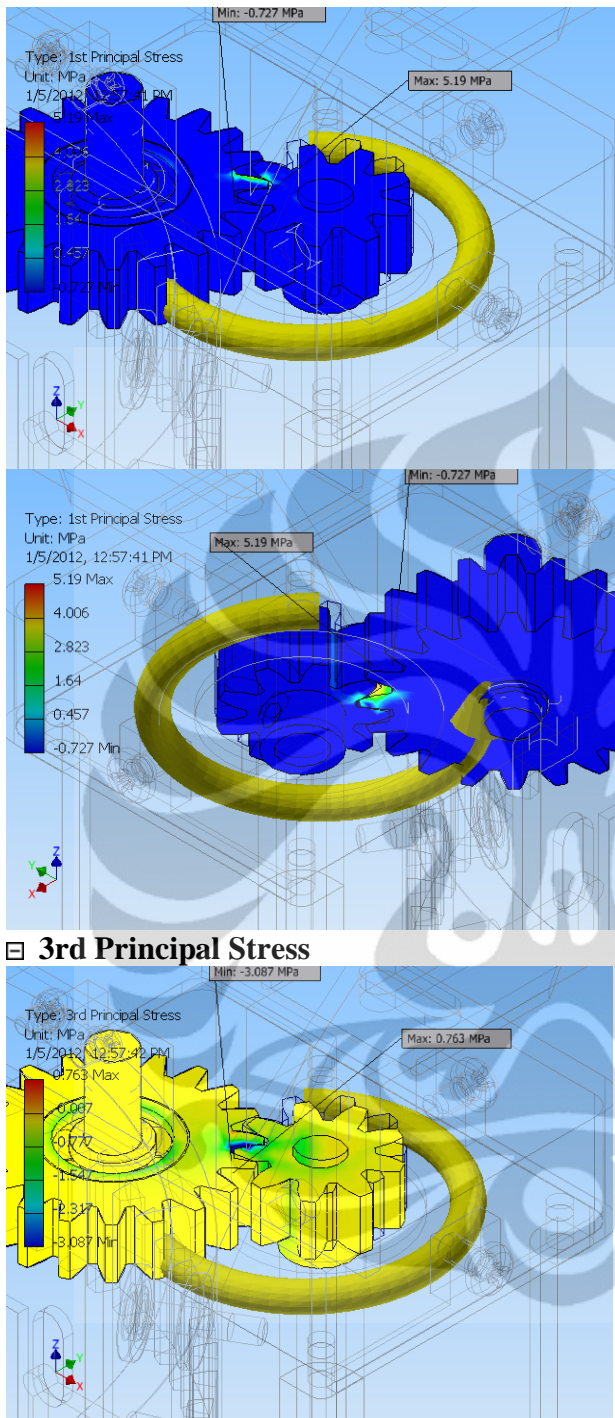
3rd Principal Strain	-0.0000130631 ul	0.00000000392918 ul
Strain XX	-0.0000103856 ul	0.000012876 ul
Strain XY	-0.00000698892 ul	0.0000152911 ul
Strain XZ	-0.00000302801 ul	0.00000593542 ul
Strain YY	-0.0000099607 ul	0.00000450023 ul
Strain YZ	-0.00000449611 ul	0.00000316925 ul
Strain ZZ	-0.0000050635 ul	0.00000340019 ul
Contact Pressure	0 MPa	3.93875 MPa
Contact Pressure X	-3.45671 MPa	2.43809 MPa
Contact Pressure Y	-2.81058 MPa	3.09312 MPa
Contact Pressure Z	-0.418863 MPa	0.228686 MPa

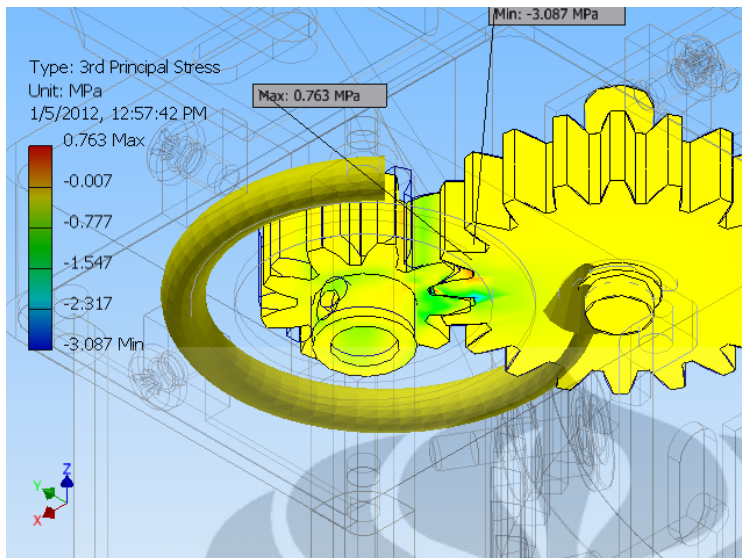
☐ Figures

☐ Von Mises Stress

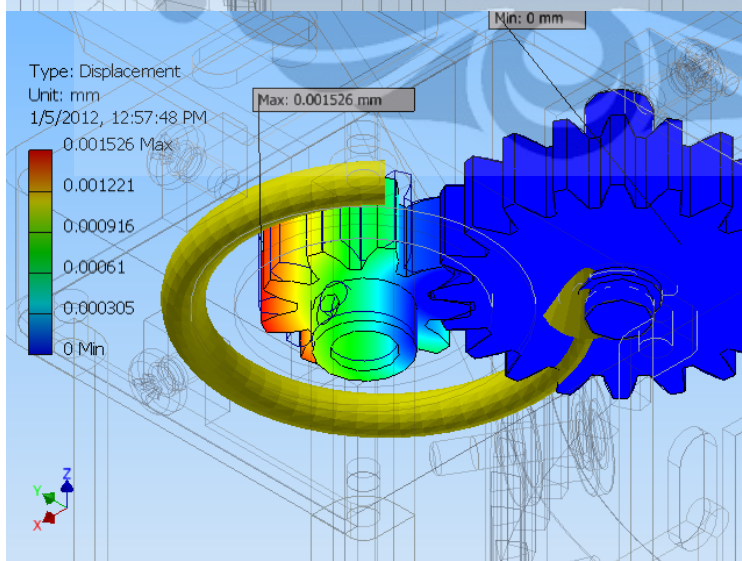
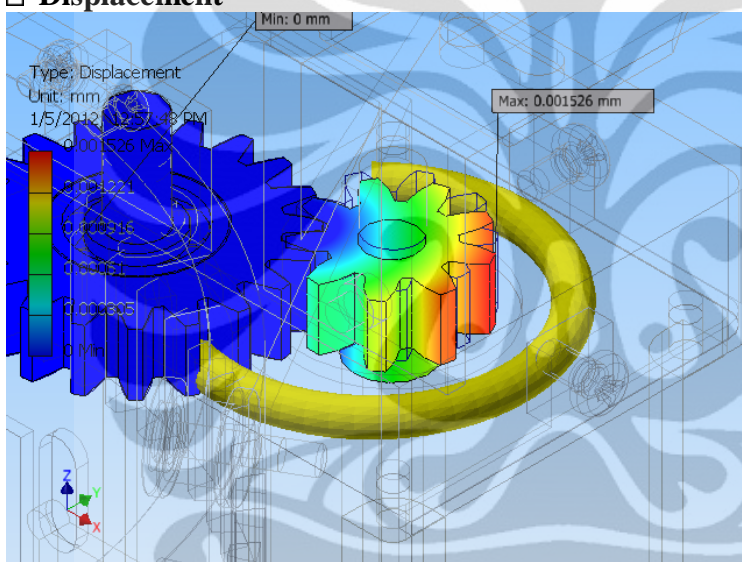


☐ 1st Principal Stress

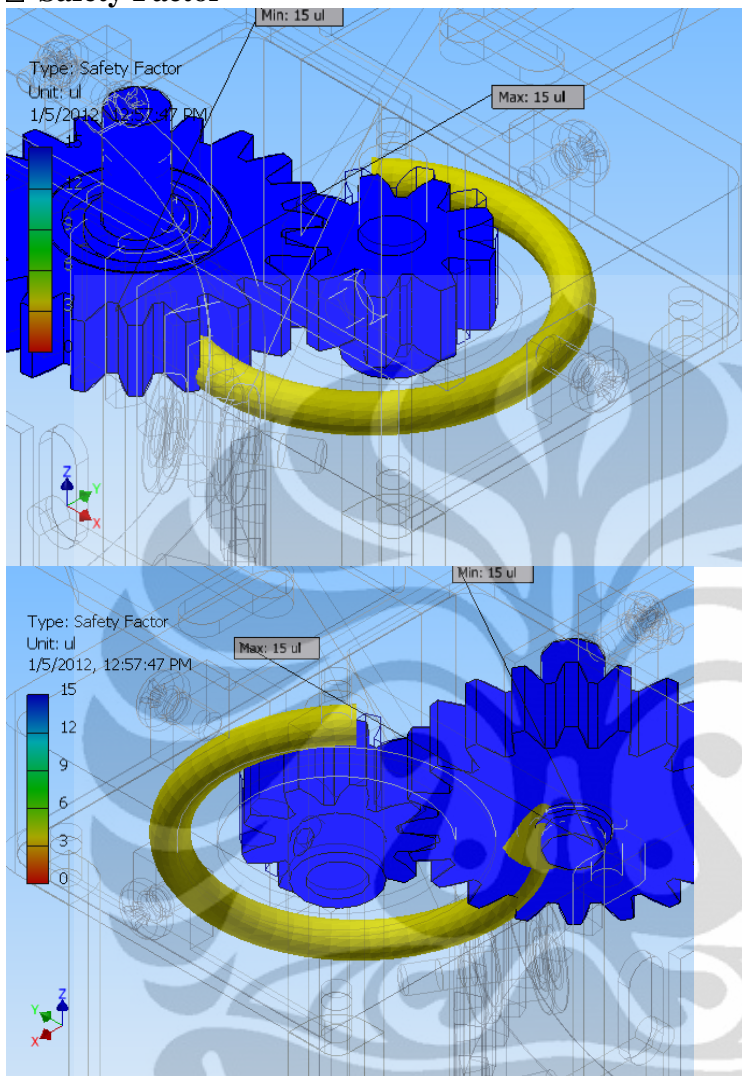




☐ Displacement



☐ Safety Factor



Lampiran 14. Program Simulasi Pengelasan dengan Jaringan Saraf Tiruan

OPTIMASI

```

-----

clear all;
close all;
clc;

%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%   Neural Network Modeling
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
load 'modeling_nn_norm.txt';
load 'uji_modeling.txt';

a = modeling_nn_norm(:,1)';
b = modeling_nn_norm(:,2)';
c = modeling_nn_norm(:,3)';
d = modeling_nn_norm(:,4)';
e = modeling_nn_norm(:,5)';
f = modeling_nn_norm(:,6)';
g = modeling_nn_norm(:,7)';
h = modeling_nn_norm(:,8)';

a1 = uji_modeling(:,1)';
b1 = uji_modeling(:,2)';
c1 = uji_modeling(:,3)';
d1 = uji_modeling(:,4)';
e1 = uji_modeling(:,5)';
f1 = uji_modeling(:,6)';
g1 = uji_modeling(:,7)';

tr=[a(1,:);b(1,:);c(1,:);d(1,:);e(1,:);f(1,:);g(1,:);];
p=[a(1,:);b(1,:);c(1,:);d(1,:);e(1,:);f(1,:);g(1,:);];
p1=[a1(1,:);b1(1,:);c1(1,:);d1(1,:);e1(1,:);f1(1,:);g1(1,:);];

net1=newff(tr,h,[10,10, 1],{'logsig','logsig', 'purelin'},'trainlm');
net1.trainParam.show = 50;
net1.trainParam.lr = 0.05;
net1.trainParam.mc = 0.85;
net1.trainParam.epochs = 3000;
net1.trainParam.goal = 1e-3;
net1.trainParam.min_grad =1e-20;
net1.divideFcn=''; % mengubah validation check yang berhenti setiap
mencaapai 6.

[net1,tr]=train(net1,tr,h);
r = sim(net1,p) '
r1 = ((sim(net1,p)-0.1)*(11.6-0)/(0.9-0.1)) '
r11 = ((sim(net1,p1)-0.1)*(11.6-0)/(0.9-0.1)) '
-----

```

CONTROLLER SIMULASI PENGELASAN

```

clear all;
close all;
clc;

%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%   Neural Network Control
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
load 'control_nn.txt';

a = control_nn(:,1)';
b = control_nn(:,2)';
c = control_nn(:,3)';

tr2=[a(1,:);b(1,:)]
p2=[a(1,:);b(1,:)]

% net2=newff(minmax(tr2),[5,1],{'logsig','purelin'},'trainlm');
net2=newff(tr2,c,[5,5,1],{'logsig','logsig','purelin'},'trainlm');
net2.trainParam.show = 50;
net2.trainParam.lr = 0.005;
net2.trainParam.mc = 0.85;
net2.trainParam.epochs = 3000;
net2.trainParam.goal = 1e-5;
net2.divideFcn=''; % mengubah validation check yang berhenti setiap
mencapai 6.

[net2,tr2]=train(net2,tr2,c);
r2 = sim(net2,p2) '

```

MODELLING SIMULASI

```

clear all;
close all;
clc;

%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%   Neural Network Modeling
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
load 'modeling_nn.txt';
%
% a = modeling2_nn(:,1)';

```

```

% b = modeling2_nn(:,2)';
% c = modeling2_nn(:,3)';
% d = modeling2_nn(:,4)';
% e = modeling2_nn(:,5)';
f = modeling_nn(:,6)';%theta
g = modeling_nn(:,7)';%v
h = modeling_nn(:,8)';%width

% tr=[a(1,:);b(1,:);c(1,:);d(1,:);e(1,:);f(1,:);g(1,:);]
tr1=[f(1,:);g(1,:);]
p1=[f(1,:);g(1,:)];

% net1=newff(tr1,h,[5, 1],{'logsig', 'purelin'},'trainlm'); %rmse=0.456
net1=newff(tr1,h,[5,5, 1],{'logsig', 'logsig','purelin'},'trainlm');
%rmse=0.456
net1.trainParam.show = 50;
net1.trainParam.lr = 0.05;
net1.trainParam.mc = 0.9;
net1.trainParam.epochs = 3000;
net1.trainParam.goal = 1e-3;
net1.trainParam.min_grad =1e-20;
net1.divideFcn=''; % mengubah validation check yang berhenti setiap
mencapai 6.

[net1,tr1]=train(net1,tr1,h);
r1 = sim(net1,p1)'
%r1 = (((sim(net1,p1)-0.1)*(11.6-0)/(0.9-0.1))+0)'

```

SIMULASI

```

clear all;
close all;
clc;

load 'simulasiControlNew07.mat';
load 'simulasiModelingNew07.mat';
%05 pakai ori2 dan ori
%06 pakai modeling dan ori
%% Simulasi Pengelasan

%i=1;
rad=101.6/2; % radius-diameter of pipe, mm
tIP=0.01; %time of camera to capture, second
tC=0.01; %time to control the process, second
time=0;

v(1,1)=4.45;
t(1,1)=0;
tcurrent(1,1)=0;
scurrent(1,1)=0;
s(1,1)=0;
w(1,1)=sim(net1,[v(1,1); t(1,1)])
e(1,1)=4.5-w;
de(1,1)=e(1,1)-0;

```

```

for i=2:1:5000
    if(t(i-1,1)<=360)%angle <= 360

        %t(i,1)=t(i-1,1)+4.5;

        if t(i-1,1)<=5
            v(i,1)=4.45;

            s(i,1)=s(i-1,1)+v(i,1)*tIP; % s = s + (v*t)--->in mm
            t(i,1) = s(i,1)/(2*pi*rad)*360; %angle = (s
sekarang/keliling)*360 --->angle after capturing image, deg;
            tcurrent(i,1)=t(i,1);
            scurrent(i,1)=s(i,1);

            w(i,1)=sim(net1,[v(i,1); t(i,1)]);
            if(w(i,1)>10) %batasan lebar antara 0 s.d 10 mm
                w(i,1)=10;
            elseif (w(i,1)<0)
                w(i,1)=0;
            end

            if(e(i-1,1)>2)
                e(i-1,1)=2;
            elseif (e(i-1,1)<-2)
                e(i-1,1)=-2;
            end

            if(de(i-1,1)>2)
                de(i-1,1)=2;
            elseif (de(i-1,1)<-2)
                de(i-1,1)=-2;
            end

            dv(i,1)=sim(net2,[e(i-1,1); de(i-1,1)]);
            if(dv(i,1)>1)
                dv(i,1)=1;
            elseif (dv(i,1)<-1)
                dv(i,1)=-1;
            end

            e(i,1)=0;
            de(i,1)=0;
            s(i,1)=s(i,1)+v(i,1)*tC; %time to control, second
            t(i,1) = s(i,1)/(2*pi*rad)*360; %angle after control process,
deg;

            time=time+tIP+tC;
            elseif t(i-1,1)>5

                if(e(i-1,1)>2)
                    e(i-1,1)=2;
                elseif (e(i-1,1)<-2)
                    e(i-1,1)=-2;
                end

                if(de(i-1,1)>2)
                    de(i-1,1)=2;
                elseif (de(i-1,1)<-2)

```

```

%           de(i-1,1)=-2;
%           end

dv(i,1)= sim(net2,[e(i-1,1); de(i-1,1)]);
    if(dv(i,1)>1)
        dv(i,1)=1;
    elseif (dv(i,1)<-1)
        dv(i,1)=-1;
    end

v(i,1)=v(i-1,1)+dv(i,1);%percepat atau perlambat
    if v(i,1)<=1.5 %Batas kecepatan antara 1.5 s.d 4.45 mm/s
        v(i,1)=1.5;
    elseif v(i,1)>=4.45
        v(i,1)=4.45;
    end

s(i,1)=s(i-1,1)+v(i,1)*tIP; %in mm
t(i,1) = s(i,1)/(2*pi*rad)*360; %time to capture camera, second;
tcurrent(i,1)=t(i,1);
scurrent(i,1)=s(i,1);

w(i,1)=sim(net1,[v(i,1); t(i,1)]);
    if(w(i,1)>10)
        w(i,1)=10;
    elseif (w(i,1)<0)
        w(i,1)=0;
    end

%           e(i,1)=4.5-w(i,1);
%           de(i,1)=e(i,1)-e(i-1,1);

s(i,1)=s(i,1)+v(i,1)*tC; %time to control, second
t(i,1) = s(i,1)/(2*pi*rad)*360; %angle after control process,
deg;
time=time+tIP+tC;
end

else
    break;
end

end

figure
subplot(3,2,1);plot(t,w);title('Plot t-w');
subplot(3,2,2);plot(t,v);title('Plot t-v');
subplot(3,2,3);plot(t,dv);title('Plot t-dv');
subplot(3,2,4);plot(t,e);title('Plot t-e');
subplot(3,2,5);plot(t,de);title('Plot t-de');
-----

```