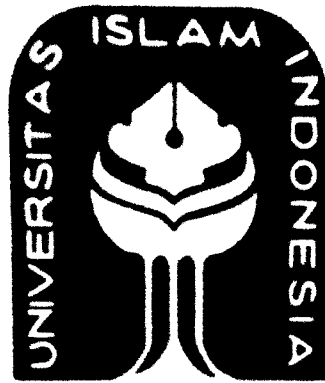


**PERANCANGAN SISTEM KENDALI PEMOTONG KERTAS
PADA INDUSTRI RUMAH TANGGA
BERBASIS PLC *SIEMENS S7 – 200***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia



disusun oleh :

Nama Mahasiswa : Mochammad Ismail Marzuki

NIM : 03 524 015

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2007

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI PEMOTONG KERTAS
PADA INDUSTRI RUMAH TANGGA
BERBASIS PLC *SIEMENS S7 – 200***

TUGAS AKHIR

disusun oleh :

**Nama Mahasiswa : Mochammad Ismail Marzuki
NIM : 03 524 015**

Yogyakarta, November 2007

Pembimbing I



(Wahyudi Budi Pramono, ST)

Pembimbing II



(Yusuf Aziz Amrulloh, ST)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PERANCANGAN SISTEM KENDALI PEMOTONG KERTAS
PADA INDUSTRI RUMAH TANGGA
BERBASIS PLC *SIEMENS S7 – 200***

TUGAS AKHIR

disusun oleh :

Nama Mahasiswa : Mochammad Ismail Marzuki

NIM : 03 524 015

Telah Dipertahankan Di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana pada Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, November 2007

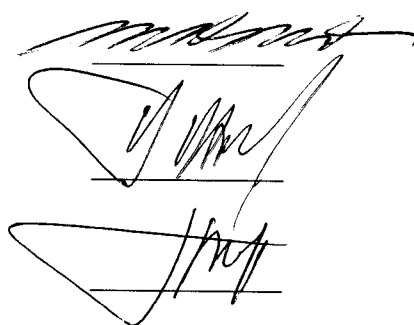
Tim Penguji

Tanda tangan.

1. Wahyudi Budi Pramono, ST.

2. Yusuf Aziz Amrulloh, ST.

3. Hendra Setiawan, ST., MT.



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia



(*[Signature]*
Ho Yuwono, ST., M.Sc.)

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Kutunjukkan Tugas Akhir Ini Untuk:
Allah SWT Serta Nabi Muhammad SAW dan Para Pengikutnya,
Ayahanda dan Ibunda, Atas Do'a Dan Kasih Sayang
Serta Kepercayaannya Yang Telah Diberikan kepadaku. Serta
Kakak-Kakakku Tersayang.*

MOTTO

*“ Jadikanlah Sabar dan Shalat Sebagai Penolongmu, Dan Sesungguhnya Yang
Demikian Itu Sungguh Berat, Kecuali Bagi Orang-Orang Yang Kfiusyu’*

(QS. Al Baqarah : 45)

*“Sungguh Bersama Kesulitan Itu Pasti Ada Kemudahan. Dan Besama
Kesulitan Pasti Ada Kemudahan”.*

(QS Asy Syarh :5 - 6)

“Cukuplah Allah Menjadi Penolong Kami dan Allah Terbaik-Baik Pelindung”.

(QS Ali Imron : 173)

“Dia Adalah Terbaik-Baik Pelindung dan Terbaik-baik Penolong”.

(QS Al Anfal :40)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “PERANCANGAN SISTEM KENDALI PEMOTONG KERTAS PADA INDUSTRI RUMAH TANGGA BERBASIS PLC *SIEMENS S7 – 200*”.

Laporan tugas akhir ini disusun dan diajukan sebagai salah satu dari syarat mata kuliah wajib di program strata-1 (S1) Teknik Elektro. Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, tidaklah lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu, dengan rasa rendah hati kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Fathul Wahid, ST., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri – Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Tito Yuwono, ST, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST, selaku Dosen pembimbing I dan Bapak Yusuf Aziz Amrulloh, ST, selaku dosen pembimbing II yang telah berkenan memberikan bimbingan selama berlangsungnya pembuatan tugas akhir ini.
4. Ibunda dan Ayahhanda tercinta atas doa dan dukungan baik materil maupun moril, dan juga atas nasihat serta semangat yang membuat ananda selalu tegar, berikhtiar, berdo'a dan bertawakal kepada Allah SWT.

5. Kakak – Kakakku yang tercinta, Mbak Nur dan Mas Agus Priyo Utomo, Mbak Tutik dan Mas Suudi Hasyim, Serta Mbak Faris dan Mas Fuad yang telah banyak memberi dorongan baik berupa doa dan semangat dari mulai adik mamad kuliah sampai menyusun skripsi ini selesai dan mendapat gelar sarjana S-1.
6. Adik “ Dewi Noor Khasanah “ yang selalu semangat memberi dorongan untuk selalu berdoa dalam menyelesaikan skripsi ini, serta selalu sabar untuk mendampingi dalam penyusunan skripsi ini sampai selesai.
7. Keluarga Besar “Dewi Noor Khasanah “, yang selalu berdoa agar supaya saya diberi kelancaran dan kesuksesan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Teman – teman tercinta padhe Yanuar dan Budhe Dinda, Bayu dan Cepy, Havid, Angga, Fajar, Hendro, Bajuri atau Sidiq, Moyonk atau Hendrawan, Anok, Dono, Deni, serta teman – teman yang belum saya sebutkan.
9. Bengkel – bengkel las di kodus dan di yogyakarta yang terlibat dalam pembuatan dan merakit hardware alat pemotong kertas.
10. PT. PANCAMANUNGGAL WIRADINAMIKA , dalam perlengkapan penyediaan alat – alat untuk pemakaian didalam skripsi.

Wassalamu’alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, November 2007

Mochammad Ismail Marzuki

ABSTRAK

Industri kertas rumah tangga memiliki keterbatasan proses produksi yang disebabkan oleh masih banyak industri kecil (industri rumah tangga) yang sebagian besar menggunakan peralatan manual guna menunjang proses produksinya. Proses pengendalian pemotongan kertas otomatis dapat dirancang dengan menggunakan sensor *Photoelectric Switch* dengan seri E3Z dan *Photoelectric Switch* tipe E3F3-D12. Pemakaian sensor dalam perancangan untuk mendeteksi keberadaan benda (kertas). Kendali pemotongan kertas otomatis menggunakan PLC (*Programmable Logic Controller*) *Siemens S7-200*. PLC *Siemens S7-200* mengendalikan proses pemotongan dengan pisau, proses pemindahan kertas potongan dengan roda karet dan roda gigi sebagai perantara pemutar pergerakan pisau dan kertas. Motor DC digunakan sebagai penggerak dalam perancangan alat pemotongan kertas. Proses penyusunan kertas dari hasil pemotongan dilakukan oleh *conveyor*. Perancangan alat pemotongan kertas otomatis dapat dihasilkan ukuran panjang kertas A4, ukuran kartu nama dan ukuran dari pengaturan *Timer PLC* 1 ms sampai *Timer PLC* 5 ms. Hasil dari pengujian pemotongan panjang kertas diperoleh *error*. *Error* untuk ukuran panjang kertas A4 jenis kertas gambar sebesar 2 cm. *Error* untuk ukuran kartu nama jenis kertas gambar sebesar 0,05 cm. *Error* untuk ukuran kartu nama jenis kertas linen sebesar 0,53 cm. *Error* untuk ukuran dari pengaturan *Timer PLC* 1 ms sebesar 0,1 cm, *error* untuk ukuran dari pengaturan *Timer PLC* 2 ms sebesar 0,2 cm. *Error* untuk ukuran dari pengaturan *Timer PLC* 3 ms sebesar 0,05 cm. *Error* untuk ukuran dari pengaturan *Timer PIC* 4 ms sebesar 0,084 cm dan *error* untuk ukuran dari pengaturan *Timer PLC* sebesar 0,08 cm.

Kata kunci : Pemotong kertas otomatis, PLC *Siemens S7-200*, *Photoelectric Switch*, motor DC, *conveyor*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
<i>ABSTRAK</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan masalah	3
1.4 Tujuan dan manfaat penelitian	3
1.5 Sistematika penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	5
2.1.1 Prinsip kerja PLC	6
2.1.2 Bagian-bagian PLC	7
2.1.3 Pemrograman PLC	10
2.2 <i>Photoelectric Switch</i>	13
2.3 Motor Arus Searah	14
2.4 Prinsip kerja motor DC	15
2.5 Karakteristik motor DC <i>Shunt</i>	16
2.6 Konstruksi Motor DC	18
2.7 Relai	19
2.8 <i>Push Button</i>	20

2.9	<i>Limit Switch</i>	20
2.10	Rangkaian pembalik putaran	21
BAB III PERANCANGAN SISTEM		
3.1	Gambaran umum sistem	22
3.2	Perancangan perangkat keras	23
3.2.1	Sistem pemotongan perlembar	23
3.2.2	Sistem pemindahan kertas per-lembar	24
3.2.3	Sistem pemindahan kertas lebih dari satu	24
3.2.4	Sistem pemotongan per-pack	24
3.2.5	Motor DC <i>Shunt</i> 12V	25
3.2.6	<i>Limit Switch</i>	26
3.2.7	Catu Daya	27
3.2.8	Sensor <i>Photoelectric Switch</i>	27
3.3	Diagram alir sistem	28
3.3.1	Diagram alir sistem pemotongan untuk panjang kertas	28
3.3.2	Diagram alir sistem pada pisau	28
3.3.3	Diagram alir sistem pada <i>conveyor</i> penggeser kertas	29
3.3.4	Diagram alir sistem pada <i>conveyor</i> pengangkut kertas	30
3.3.5	Diagram alir sistem pada pisau <i>pack</i>	31
3.3.6	Diagram alir secara keseluruhan	31
3.4	Diagram <i>Ladder</i> Sistem	33
3.4.1	Diagram <i>ladder</i> untuk <i>star</i> dan <i>stop</i> sistem	34
3.4.2	Diagram <i>ladder</i> untuk ukuran panjang kertas	34
3.4.3	Diagram <i>ladder</i> untuk pisau	35
3.4.4	Diagram <i>ladder</i> pada <i>conveyor</i> penggeser kertas	35
3.4.5	Diagram <i>ladder</i> pada <i>conveyor</i> pengangkut kertas	35
3.4.6	Diagram <i>ladder</i> pada pisau <i>pack</i>	36
3.4.7	Diagram <i>ladder</i> pada <i>conveyor</i> pengangkut kertas jalan mundur.....	37
3.4.8	Diagram <i>ladder</i> pada pisau <i>pack</i> naik	37

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian pemotongan ukuran umum (A4)	38
4.2 Pengujian pemotongan ukuran kartu nama jenis kertas gambar	40
4.3 Pengujian pemotongan ukuran kartu nama jenis kertas linen	43
4.4 Pengujian pemotongan kertas	46
4.4.1 Pengujian pemotongan ukuran lebar kertas mulai dari <i>Timer</i> PLC 1 ms sampai 5 ms jenis kertas gambar	46
4.4.2 Pengujian pemotongan ukuran lebar kertas mulai dari <i>Timer</i> PLC 1 ms sampai 5 ms jenis kertas dufax	47
4.5 Hubungan antara pengaturan waktu dengan panjang kertas	60
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel fungsi dan alamat memori	8
Tabel 2.2	Tabel kebenaran instruksi AND	12
Tabel 2.3	Tabel kebenaran instruksi OR	13
Tabel 3.1	Alamat PLC untuk sistem utama	33
Tabel 3.2	Alamat PLC yang digunakan	33
Tabel 4.1	Hasil pengujian pemotongan kertas ukuran A4 jenis kertas gambar	39
Tabel 4.2	Hasil pengujian pemotongan kertas ukuran kartu nama jenis kertas Gambar	41
Tabel 4.3	Hasil pengujian pemotongan jenis kertas linen ukuran kartu nama.	44
Tabel 4.4	Perbandingan tiga jenis kertas yang digunakan pada pengujian.....	46
Tabel 4.5	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 1 ms	47
Tabel 4.6	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 2 ms	48
Tabel 4.7	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 3 ms	49
Tabel 4.8	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 4 ms	50
Tabel 4.9	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 5 ms	51
Tabel 4.10	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 1 ms	52
Tabel 4.11	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 2 ms	54
Tabel 4.12	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 3 ms	55
Tabel 4.13	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 4 ms	57
Tabel 4.14	Hasil pengujian pemotongan kertas dengan <i>Timer</i> PLC 5 ms	59
Tabel 4.15	Hasil pengujian pengaturan waktu dengan panjang kertas	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram blok Proses kerja PLC	6
Gambar 2.2 Bagian - bagian PLC	7
Gambar 2.3 Catu Daya	9
Gambar 2.4 Simbol NO	11
Gambar 2.5 Simbol NC	11
Gambar 2.6 Simbol keluaran	12
Gambar 2.7 Hubungan seri AND.....	12
Gambar 2.8 Hubungan paralel OR	13
Gambar 2.9 <i>Photoelectric Switch</i>	14
Gambar 2.10 Prinsip kerja motor menghasilkan torsi	15
Gambar 2.12 Rangkaian ekivalen motor DC	17
Gambar 2.12 Konstruksi motor DC	18
Gambar 2.13 Relai	19
Gambar 2.14 Rangkaian <i>Push Button</i> dengan PLC	20
Gambar 2.15 Bentuk fisik <i>Limit Switch</i>	21
Gambar 2.16 Rangkaian DC gerak motor kekiri dan gerak motor kekanan	21
Gambar 3.1 Konstruksi <i>hardware</i> secara umum	22
Gambar 3.2 Blok diagram pengendalian sistem	23
Gambar 3.3 Motor DC <i>Shunt</i> 12V	25
Gambar 3.4 Bentuk sensor <i>Photoelectric Switch</i>	27
Gambar 3.5 Diagram alir pemotongan untuk panjang kertas	28
Gambar 3.6 Diagram alir sistem pada pisau	29
Gambar 3.7 Diagram alir sistem pada <i>conveyor</i> penggeser kertas	29
Gambar 3.8 Diagram alir sistem pada <i>conveyor</i> pengangkut kertas	30
Gambar 3.9 Diagram alir sistem pada pisau <i>pack</i>	31
Gambar 3.10 Diagram alir keseluruhan	32
Gambar 3.11 Diagram <i>ladder</i> untuk <i>start</i> dan <i>stop</i> sistem	34
Gambar 3.12 Diagram <i>ladder</i> untuk panjang kertas	34

Gambar 3.13 Diagram <i>ladder</i> untuk pisau potongan	35
Gambar 3.14 Diagram <i>ladder</i> untuk <i>conveyor</i> menggeser kertas	34
Gambar 3.15 Diagram <i>ladder</i> untuk <i>conveyor</i> pengangkut kertas jalan maju ..	36
Gambar 3.16 Diagram <i>ladder</i> untuk pisau <i>pack</i> memotong	36
Gambar 3.17 Diagram <i>ladder conveyor</i> pengangkut kertas jalan mundur	37
Gambar 3.18 Diagram <i>ladder</i> pada pisau <i>pack</i> naik	37
Gambar 4.1 Grafik hasil pemotongan kertas dari <i>Timer</i> PLC 18 ms	40
Gambar 4.2 Grafik hasil pemotongan kertas dari <i>Timer</i> PLC 9 ms	43
Gambar 4.3 Grafik hasil pemotongan kertas dari <i>Timer</i> PLC 9 ms	45
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara pengaturan waktu dengan panjang kertas	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada era modern ini diciptakan manusia agar terjadi suatu perubahan pada kehidupan manusia menuju kearah yang lebih baik, terlebih perkembangan teknologi di dunia industri. Kendali pada mesin yang serba otomatis sekarang ini sangat dibutuhkan pada dunia industri agar proses produksi dapat berjalan seefisien mungkin dan meminimalkan kesalahan manusia ketika proses produksi berlangsung.

Pesatnya perkembangan yang terjadi didunia elektronika khususnya pada pengendalian maka para perusahaan berlomba-lomba mencari alat pengendali yang mampu mengendalikan alat-alat agar dapat menghasilkan kepekaan yang lebih baik dibandingkan pengontrolan yang muncul sebelumnya. Dengan ditemukannya PLC (*Programmable Logic Controller*) pengendalian alat-alat industri menjadi lebih mudah dan serba otomatis seperti yang dibutuhkan di industri bisa terwujud. Saat ini penggunaan PLC sudah sangat luas dan hampir keseluruhan piranti kontrol menggunakannya.

Salah satu industri yang menggunakan PLC sebagai pusat kontrol agar mesin bisa berjalan otomatis adalah industri PURA. Industri kertas "PURA" berkembang dengan sangat pesat di Indonesia dan bermunculnya industri-industri kecil (industri kertas rumah tangga) yang ikut meramaikan pasar industri kertas di Indonesia membuat persaingan pasar semakin ketat.

Dominasi yang kuat dari perusahaan-perusahaan besar yang ditunjang dengan teknologi tinggi, maka persaingan industri kecil menjadi tidak seimbang dikarenakan banyak berdiri industri-industri kecil (industri rumah tangga) tidak diiringi dengan teknologi yang memadai.

Banyaknya industri-industri kecil yang mengalami kegagalan dalam persaingan lebih disebabkan oleh animo masyarakat yang menganggap bahwa *higienis* suatu produk yang dihasilkan ditunjang oleh tingkat kecanggihan suatu alat dalam proses produksi, dimana hal ini tidak dimiliki oleh sebagian besar industri-industri kecil yang ada.

Selain itu keterbatasan proses produksi yang disebabkan oleh masih banyaknya industri-industri kecil (industri rumah tangga) yang sebagian besar masih menggunakan peralatan manual guna menunjang proses produksinya. Kecenderungan ini terjadi dikarenakan sebagian besar peralatan otomasi industri yang dijual dipasaran memiliki nilai jual yang relatif mahal, sehingga banyak pengusaha yang enggan untuk membelinya.

Karena beberapa alasan di atas, maka perancangan sistem kendali pemotongan kertas pada industri rumah tangga dengan menggunakan peralatan yang ada dipasaran. Perancangan ini diharapkan dapat berguna untuk menunjang pesatnya perkembangan industri kecil belakangan ini serta tidak kalah bersaing dengan industri besar yang sudah menggunakan peralatan modern.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem kendali alat pemotongan kertas otomatis.
2. Bagaimana pemotongan kertas sesuai panjang yang diinginkan.
3. Bagaimana pemotongan kertas dalam jumlah yang banyak dengan waktu singkat dan efisien.

1.3 Batasan Masalah

Pelaksanaan penelitian diperlukan adanya batasan masalah, agar perancangan dapat lebih disederhanakan dan terarah sehingga dapat meminimalkan kesalahan. Pengerjaan tugas akhir ini dibatasi pada masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan motor DC sebagai peggerak dalam pengoperasian.
2. Dalam penelitian difokuskan pada perancangan sistem pengendali pemotongan kertas dengan PLC *Siemens S7-200*.

1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian adalah :

1. Menciptakan serta mengembangkan mesin-mesin produksi skala kecil dengan menggunakan sistem pengendalian otomatis, yaitu dengan menggunakan kendali berbasis PLC.
2. Terwujudnya perancangan secara otomatis diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat menengah ke bawah, dengan cara mengubah proses produksi dari manual ke otomatis.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar permasalahan yang dibahas, berisi tentang latar belakang masalah yang akan diteliti, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk pemecahan masalah dan digunakan sebagai metode untuk merancang sistem yang akan diteliti.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini menjelaskan metode-metode perancangan yang digunakan, cara mengimplementasikan rancangan yang telah dibuat, serta batasan dan hambatan yang ditemui selama proses perancangan dan implementasi sistem. Bagian ini juga menjelaskan bagian-bagian yang terlihat serta fungsi dan cara kerja masing-masing bagian tersebut.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan dari sistem yang dibuat.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan-kesimpulan dan saran dari proses perancangan yang telah dilakukan, implementasi sistem, analisis kerja dari hasil pengujian yang diperoleh dari rancangan sistem dan keterbatasan serta asumsi yang ditemukan selama melakukan tugas akhir.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Programmable Logic Controller (PLC)*

PLC adalah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian relai yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan cara menerima masukan, melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan sebagai saklar. PLC dirancang untuk dapat beroperasi secara digital dengan menggunakan memori sebagai media penyimpanan instruksi internal untuk menjalankan fungsi logika. Fungsi logika yang dijalankan PLC seperti fungsi pencacah, fungsi urutan proses, fungsi pewaktu dan fungsi lainnya dengan cara memprogramnya.

Karakter proses yang dikendalikan oleh PLC sendiri merupakan proses yang sifatnya bertahap, yaitu proses yang berjalan secara urut untuk mencapai kondisi akhir yang diharapkan. Dengan kata lain proses tersebut terdiri beberapa sub-proses, sehingga sub-proses tertentu akan berjalan sesudah sub-proses sebelumnya. Proses ini disebut proses sekuensial (*Sequence Process*).

Selanjutnya PLC dikembangkan kemampuannya dalam mengubah data dengan menambahkan beberapa macam modul tambahan seperti pengubah sinyal analog ke digital (ADC) dan pengubah sinyal digital ke analog (DAC). Dengan ditambahkan modul ADC dan DAC, PLC mampu mengambil dan mengeluarkan sinyal analog untuk pengendalian.

PLC dirancang untuk beroperasi dilingkungan industri yang keras dan berat.

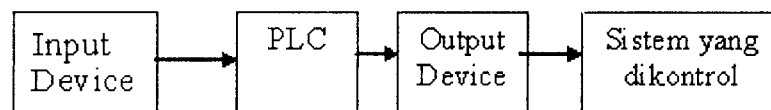
Beberapa syarat yang harus dipenuhi PLC, adalah sebagai berikut :

1. Mampu bekerja pada daerah suhu yang lebar ($0^{\circ} - 60^{\circ}$).
2. Kemasannya kuat dan tertutup.
3. Kebal terhadap gangguan efek kemagnetan dan kelistrikan.
4. Tahan debu dan kotor.
5. Tahan terhadap getaran.
6. Tahan terhadap turun naiknya tegangan dan memorinya diback-up baterai.
7. Dapat diprogram dengan gerbang-gerbang logika, diagram *ladder*, atau kode mnemonik.

PLC dapat digunakan untuk mengendalikan peralatan-peralatan ataupun mesin-mesin pada proses produksi diberbagai industri yang memerlukan kendali otomatis.

2.1.1. Prinsip Kerja PLC

Pada dasarnya PLC bekerja dengan cara menerima masukan data-data dari luar PLC yang nantinya akan diolah oleh CPU dan akan menghasilkan suatu keluaran. Prinsip kerja PLC ditunjukkan pada Gambar 2.1.



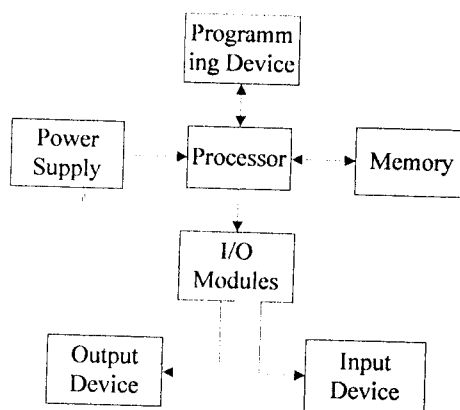
Gambar 2.1 Diagram blok proses kerja PLC.

Peralatan masukan dapat berupa saklar, sensor dan peralatan lainnya. Data-data yang masuk dari peralatan masukan yang berupa sinyal-sinyal digital. Sinyal-sinyal digital yang masuk akan diolah oleh *Central Processing Unit* (CPU) yang

ada didalam PLC, sinyal-sinyal digital tersebut akan diolah sesuai dengan program-program yang telah dibuat didalam memorinya. CPU akan mengambil keputusan-keputusan sesuai dengan program yang telah dibuat dan mengeluarkan keputusan melalui keluaran masih dalam bentuk sinyal digital. Sinyal-sinyal keluaran inilah yang akan menggerakkan peralatan keluaran yang akan mengoperasikan sistem atau proses yang dikontrol.

2.1.2. Bagian-bagian PLC

Bagian-bagian PLC dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bagian-bagian PLC.

Bagian PLC pada prinsipnya terdiri atas *Central Processing Unit (CPU)*, *Programming Devaice*, modul masukan dan keluaran dan unit power suplai.

a. *Central Processing Unit (CPU)*

CPU merupakan otak dari PLC yang berfungsi untuk menangani komunikasi dengan piranti eksternal, interkoneksi antar bagian-bagian PLC, eksekusi program, manajemen memori, dan memberikan sinyal keluaran.

b. Memori

Memori merupakan daerah CPU yang digunakan untuk tempat penyimpanan data pada PLC. Kapasitas memori pada PLC sangat bervariasi tergantung model dari PLC tersebut. Sebagai contoh *Siemens S7-200*, PLC tipe ini memiliki kapasitas memori 8192 byte untuk menyimpan program, 5120 byte untuk memori data.

c. Struktur Daerah Memori

Struktur daerah memori *Siemens S7-200* ditunjukkan pada Tabel 2.1.

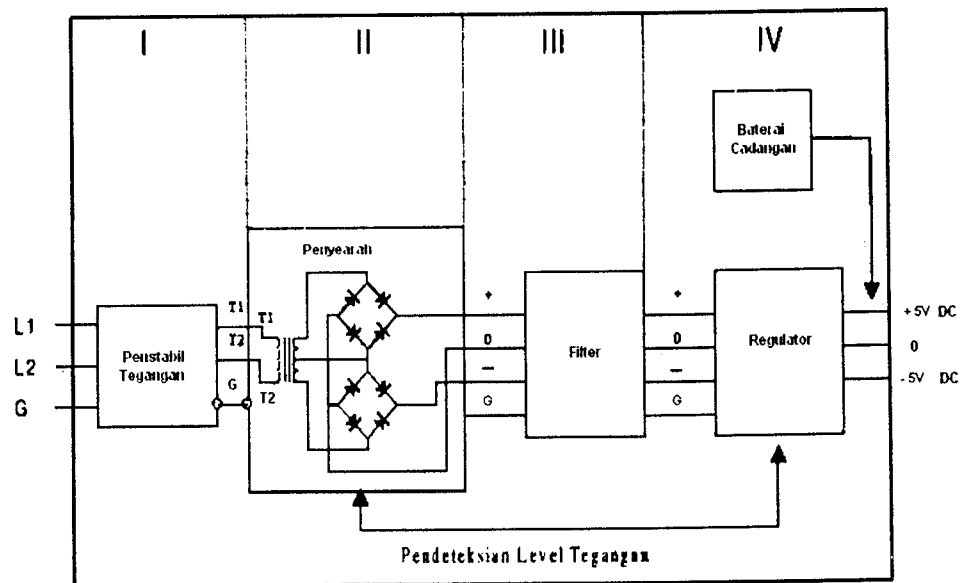
Tabel 2.1 Tabel fungsi dan alamat memori.

Fungsi	Alamat
Register input	100 sampai 115.7
Register output	Q 0.0 sampai Q 15.7
Input analog	AIW0 sampai ATW62
Output analog	AQW0 sampai AQW62
Variable memori	VB0 sampai VB5119
Local memori	LB0 sampai LB63
Bit memori	M 0.0 sampai M 31.7
<i>Timer</i>	TO, T64
Reventive on-delay	1ms 10ms 100ms
ON/OFFdelay	1ms 10ms 100ms
	T1 sampai T4 dan T65 sampai T68 T5 sampai T31 dan T65 sampai T95 T32, T96 T33 sampai T36 dan T97 sampai T100 T37 sampai T63 dan T101 sampai T255
Counters	C0 sampai C255
High Speed Counter	HC0 sampai HC5
Sequential Control Relay	HC0 sampai HC5
Special memory	SM 0.0 sampai SM 549.7
Accumulator Register	AC0 sampai AC3
Jump/Label	0 sampai 255
Call Subroutine	0 sampai 233
Interrupe Routine	0 sampai 127
Positive/Negative Transition	256
PID Loop	0 sampai 7
Port	0

d. Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk mengubah sumber masukan tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah. Sumber tegangan pada industri kebanyakan sebesar 220 VAC dengan frekuensi 50 Hz. Sedangkan pada umumnya rangkaian-rangkaian elektronik di dalam PLC bekerja atau beroperasi pada tegangan searah +5 dan -5 Volt. Oleh sebab itu di dalam PLC terdapat catu daya yang bertugas untuk merubah tegangan 220 VAC menjadi tegangan +5 VDC dan -5VDC.

Pada blok pertama yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 adalah masukan tegangan sinus (AC) L1 dan L2 akan distabilkan oleh bagian penyetabil tegangan sehingga tegangan keluaran mempunyai bentuk gelombang sinus murni.



Gambar 2.3 Catu Daya PLC.

Blok kedua pada Gambar 2.3 merupakan penyearah gelombang penuh yang mengubah tegangan bolak-balik menjadi bentuk gelombang searah, yang sebelumnya level tegangannya diturunkan oleh trafo dengan *center tap*, keluaran dari penyearah ini mempunyai level tegangan +5 volt dan -5 volt.

Bentuk keluaran penyearah berupa sinyal DC, sehingga dibutuhkan blok ketiga yaitu bagian *filter*, difungsikan untuk memperkecil riak tegangan searah hasil penyearahan, peralatan utamanya berupa kapasitor.

Blok keempat pada Gambar 2.3 merupakan regulator, difungsikan untuk menjaga tegangan keluaran tetap mendekati level 5 volt sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh CPU. Baterai cadangan membantu sumber utama bila terjadi gangguan.

e. Modul masukan dan keluaran

Modul masukan dan keluaran merupakan peralatan perangkat elektronik yang berfungsi sebagai perantara atau penghubung (*interface*) antara CPU dengan peralatan dari luar.

Unit masukan merupakan bagian yang diperlukan agar PLC dapat terhubung dengan bagian kontrol proses. Unit masukan menerima sinyal dari kabel yang dihubungkan dengan peralatan masukan seperti sensor, saklar atau transduser.

Modul keluaran merupakan peralatan-peralatan yang digunakan untuk mengeluarkan data-data yang telah diproses oleh CPU ke alamat keluaran yang ditentukan pengguna. Modul keluaran menyediakan tegangan keluaran untuk aktuator atau indikator alat.

2.1.3. Pemrograman PLC

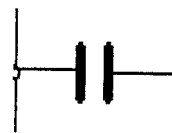
Secara umum sistem pemrograman PLC dapat dilakukan dengan pembuatan diagram ladder. PLC *Siemens S7-200* memiliki perangkat lunak khusus untuk memprogramnya, yakni step 7 – micro atau win.

a. Bahasa ladder

Bahasa *ladder* merupakan penerjemah diagram relai ke dalam program. Ladder diagram terdiri dari garis menurun ke bawah pada sisi kiri dengan garis-garis bercabang kekanan. Garis yang ada di sebelah kiri disebut dengan bus bar, sedangkan garis-garis cabang adalah baris instruksi atau anak tangga. Instruksi dasar yang digunakan untuk membuat rangkaian dalam bentuk diagram ladder adalah sebagai berikut:

1) Normally Open (NO)

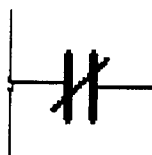
Normally Open menandakan kondisi yang terbuka dalam keadaan normal dan akan terhubung apabila ada masukan. Simbol *Normally Open* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Simbol NO.

2) Normally Close (NC)

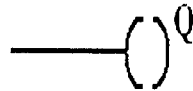
Normally Close merupakan kondisi yang tertutup dalam keadaan normal dan akan terbuka apabila ada masukan. Simbol *Normally Close* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Simbol NC.

3) Instruksi keluaran

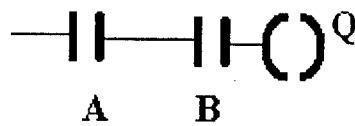
Instruksi keluaran digunakan untuk mengirim hasil proses keluaran PLC sesuai dengan alamat yang dituju. Simbol Instruksi keluaran dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Simbol keluaran.

4) AND

Instruksi AND digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih kontak-kontak masukan secara seri. Simbol Instruksi keluaran dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hubungan seri AND.

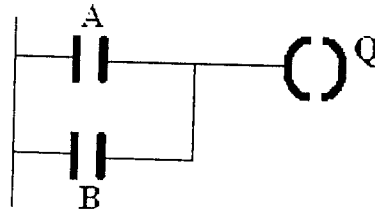
Bentuk keluaran dengan masukan A dan B dapat dituliskan seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel kebenaran instruksi AND.

Masukan		Keluaran
A	B	Q
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

5) OR

Instruksi OR digunakan untuk menghubungkan dan atau lebih kontak-kontak masukan secara paralel. Simbol Instruksi keluaran dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Hubungan paralel OR.

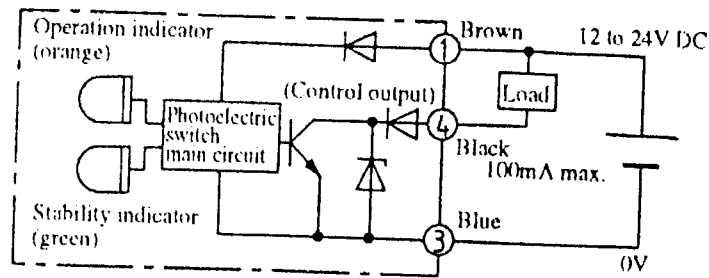
Tabel kebenaran instruksi OR dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel kebenaran instruksi OR.

Masukan		Keluaran
A	B	Q
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

2.2 Photoelectric Switch

Photoelectric Switch ini digunakan dalam sebuah sensor (*Sensor Pack*), sensor ini dalam perancangan sistem kendali pemotongan kertas digunakan untuk mendeteksi benda. Sensor dapat diatur sesuai kebutuhan jarak untuk mendeteksi benda. Sensor yang digunakan dengan seri E3Z-D62 mempunyai batas deteksi jarak benda maksimal 1meter. Gambar *Photoelectric Switch* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Photoelectric Switch*.

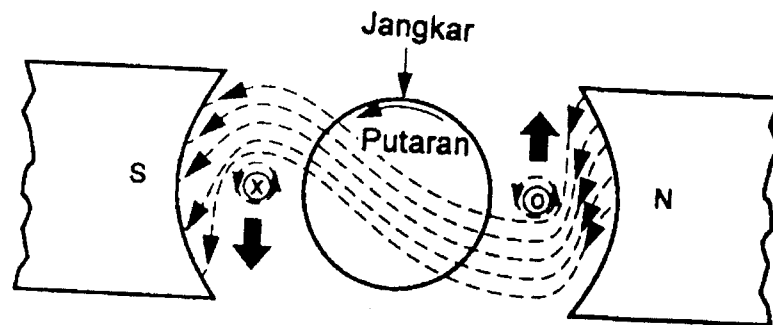
Photoelectric Switch merupakan sensor yang kompak dan berukuran cukup kecil, memiliki LED yang akan mengirimkan sinar dan sebuah penerima yang akan menerima sinar yang dikirimkan apabila di depannya terdapat benda. Sensor ini mempunyai sensitifitas tinggi serta dapat diatur melalui potensio.

2.3 Motor Arus Searah

Sesuai dengan namanya, motor arus searah diberi sumber dengan tegangan DC (*Direct Current*). Motor arus searah akan berbalik arah jika polaritas tegangan yang diberikan juga berubah. Motor arus searah dengan tegangan kerja yang bervariasi. Motor arus searah memiliki prinsip kerja berdasarkan pada penghantar yang membawa arus ditempatkan dalam suatu medan magnet, maka penghantar tersebut akan mengalami gaya. Gaya menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanis sehingga motor akan berputar. Pada perancangan sistem kendali pemotongan kertas menggunakan motor DC seri. Motor akan bekerja memutar jika diberi masukan berupa tegangan positif dan negatif, dengan cara menghubungkan langsung ke motor tanpa melalui rangkaian. Motor DC adalah suatu sistem mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanis.

2.4 Prinsip Kerja Motor DC

Penghantar yang mengalirkan arus ditempatkan tegak lurus pada medan magnet, cenderung bergerak tegak lurus terhadap medan. Gambar 2.5 menggambarkan torsi motor dihasilkan oleh kumparan yang membawa arus pada kawat yang ditempatkan pada medan magnet. Interaksi antara kawat berarus dan medan magnet menghasilkan gaya. Gaya menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanik, sehingga motor akan berputar. Interaksi pada medan magnet akan menyebabkan pembengkokan garis gaya. Apabila garis gaya cenderung lurus keluar, pembengkokan tersebut menyebabkan loop mengalami gerak putaran. Penghantar sebelah kiri berputar kebawah dan penghantar sebelah kanan berputar keatas, menyebabkan putaran jangkar berlawanan dengan arah putaran jarum jam.



Gambar 2.10 Prinsip kerja motor menghasilkan torsi.

Besarnya gaya yang diberikan untuk menggerakkan motor adalah berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besarnya arus yang mengalir pada penghantar dan panjang penghantar. Secara matematis putaran motor dapat dirumuskan seperti persamaan 2.1.

$$n = \frac{V - I_a R_a}{C \Phi} \quad (2.1)$$

Keterangan :

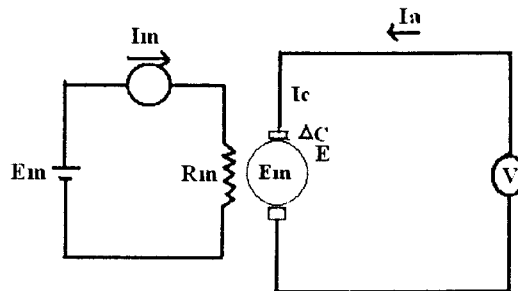
V = Tegangan sumber (V). n = Kecepatan motor (rpm).

I_a = Arus jangkar (A). Φ = Fluk magnet (Weber).

R_a = Tahanan jangkar (Ohm). C = Konstanta.

2.5 Karakteristik motor DC Shunt

Dibawah ini adalah rangkaian *ekuivalen* motor DC *Shunt* dengan eksitasi terpisah beserta persamaan yang berlaku :



Gambar 2.11 Rangkaian ekivalen motor DC.

Perumusan rangkaian untuk motor

$$I_m = E_m / R_m \quad (2.2)$$

$$V = E + I_a R_a + 2 \Delta E \quad (2.3)$$

Motor Shunt mempunyai pengaturan kecepatan yang baik dan digolongkan sebagai motor dengan kecepatan konstan walaupun kecepatannya agak berkurang sedikit dengan bertambahnya beban. Adapun persamaan kecepatannya adalah :

$$E_a = V - I_a R_a \quad (2.4)$$

$$E_a = K n \dot{\theta}. \quad (2.5)$$

$$n = V - I_a R_a / K \dot{\theta} \quad (2.6)$$

Jika beban ditambah pada motor *Shunt*, kecepatan motor langsung cenderung lambat. GGL lawan langsung berkurang karena I_a bergantung pada kecepatan, dan praktis fluks medan adalah konstan. Berkurangnya GGL lawan memungkinkan arus jangkar bertambah. Adapun persamaannya :

$$T = K \dot{\theta} I_a \quad (2.7)$$

Keterangan :

T = Torsi (N.m).

K = Konstanta.

Bertambahnya arus jangkar menyebabkan penurunan $I_a R_a$ lebih besar yang berarti GGL lawan yang tidak kembali pada harga semula tetapi tetap pada harga yang lebih rendah. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan motor fundamental.

$$V = E + I_a R_a \quad (2.8)$$

Keterangan :

E = GGL induksi (V)

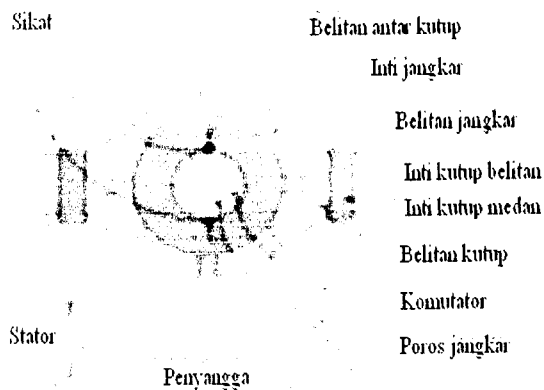
Karena V (tegangan sumber) konstan, jumlah dari GGL lawan dan penurunan $I_a R_a$ harus tetap konstan. Jika $I_a R_a$ menjadi besar akibat bertambahnya beban, E (GGL Induksi) harus berkurang, sehingga menyebabkan berkurangnya kecepatan.

Fluks medan motor *Shunt* hampir konstan, karena torsi motor sama dengan $K \dot{\theta} I_a$, torsi berbanding lurus dengan arus jangkar. Torsi bertambah dalam

hubungan yang praktis garis lurus dengan suatu kenaikan dalam arus jangkar, sedangkan kecepatan turun sedikit ketika arus jangkar naik. Kecepatan motor *Shunt* dapat mempunyai harga tetap antara harga maksimum dan minimum, maka motor *Shunt* sering digunakan untuk menggerakkan beban yang membutuhkan kecepatan konstan.

2.6 Konstruksi Motor DC

Konstruksi motor DC terlihat seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Konstruksi motor DC.

Rotor merupakan bagian yang berputar pada motor DC yang terdiri dari :

1. Poros jangkar, merupakan bagian yang membawa inti jangkar, kumparan jangkar, dan komutator untuk ikut berputar.
2. Inti jangkar, terbuat dari plat-plat inti baja yang masing-masing dilapisi isolator.
3. Kumparan jangkar, masing-masing kumparan terisolasi dari yang lain, terletak pada alur (*slot*) dan terhubung secara elektrik dengan komutator.

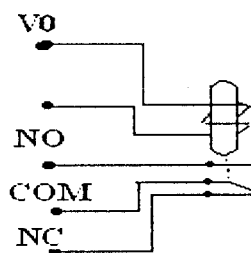
4. Komutator, merupakan terbuat dari segmen-segmen tembaga yang masing-masing diisolasi dengan bahan mika.
5. Sikat, terbuat dari karbon dan grafit. Sikat terletak pada rumah atau pemegang sikat dengan pegas yang mempunyai kekuatan tekan antara 150-250 gr/cm².

Stator merupakan bagian yang tidak berputar di motor. Stator terdiri dari :

1. Gandar (*yoke*) kerangka motor yang biasanya terbuat dari baja.
2. Kutub, merupakan bagian yang terdiri dari inti kutub, sepatu kutub dan kumparan kutub.

2.7 Relai

Gambar 2.13 merupakan relai yang teraliri arus sehingga berubah menjadi *close*.

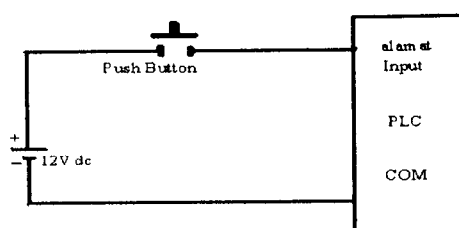


Gambar 2.13 Relai.

Relai merupakan saklar yang diaktifkan dengan arus, artinya tegangan keluaran relai dikendalikan oleh arus masukan. Ada dua macam keluaran pada relai yaitu keluaran NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). NO akan ada keluarannya jika relai aktif sedangkan NC akan ada keluarannya pada saat relai belum aktif.

2.8 Push Button

Push Button merupakan saklar yang mempunyai dua kaki yang konstruksi didalamnya terdapat per, sehingga bila ditekan kemudian dilepas lagi posisinya akan kembali semula. Mekanisme penyambungannya yaitu salah satu kaki disambung dengan catu daya dan kaki yang lain disambung dengan terminal yang akan dihubungkan ke alamat PLC. Gambar 2.14 menunjukkan cara penyambungan *Push Button* dengan modul input PLC.

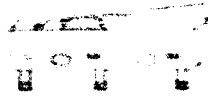


Gambar 2.14 Rangkaian *Push Button* dengan PLC.

Prinsip kerja dari penyambungan Gambar 2.14 adalah jika *Push Button* ditekan maka arus akan mengalir dari catu daya input 12 VDC melalui *Push Button* dan akan mengaktifkan relai di dalam PLC yang akan digunakan untuk mengaktifkan output tertentu, arus mengalir menuju COM dan masuk kembali menuju negatif sumber. Pada saat *Push Button* ON tersebut lampu indikator akan menyala dan indikator alamat PLC juga akan menyala.

2.9 Limit Switch

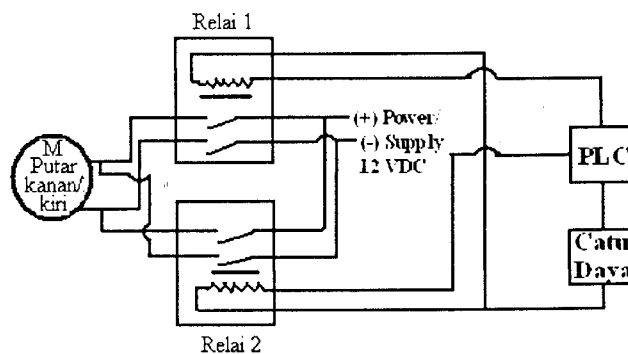
Limit Switch merupakan sensor posisi dan sangat efektif untuk mendeteksi barang-barang berat. *Limit Switch* dapat difungsikan sebagai input logika NO atau NC. *Limit Switch* dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Bentuk fisik *Limit Switch*.

2.10 Rangkaian pembalik putaran

Dalam perancangan sistem kendali pemotongan kertas, *conveyor* didesain dapat bergerak maju atau mundur dan untuk pisau per *pack* didesain bergerak naik dan turun. Sistem kerja rangkaian pembalik putaran pada gambar 2.16 dimulai dengan diprosesnya input analog pada PLC, selanjutnya output dari PLC akan mengaktifkan Relai 1 menjadi kondisi *Normally Close* (NC) yang membuat motor putar kanan aktif.



Gambar 2.16 Rangkaian DC gerak motor kekiri dan gerak motor kekanan.

Setelah motor putar kanan bekerja selama waktu yang sudah diprogram pada PLC, maka motor putar kanan akan berhenti setelah relai 1 pada kondisi *Normally Open* (NO). Selanjutnya PLC akan mengaktifkan relai 2 menjadi *Normally Close* (NC) yang membuat motor putar kiri aktif selama waktu yang telah diprogram. Proses ini akan berlangsung secara berulang-ulang sesuai program.

BAB III

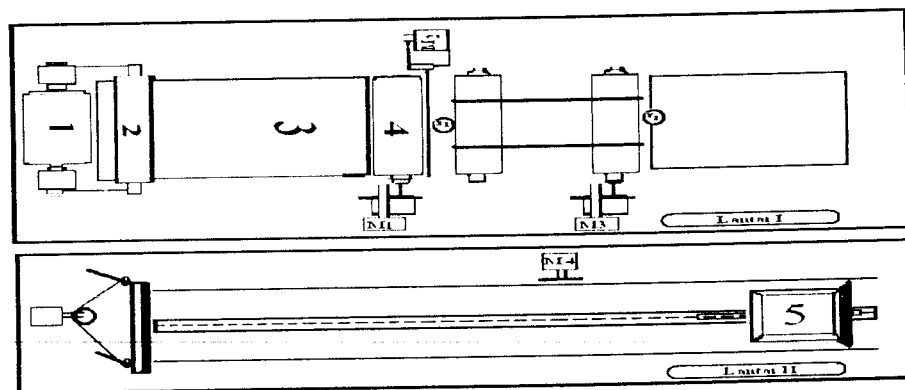
PERANCANGAN SISTEM

3.1 Gambaran Umum Sistem

Hardware yang dibangun merupakan mekanisme perancangan sistem kendali pemotongan kertas pada industri rumah tangga, dimana dengan memanfaatkan media *conveyor* sebagai alat transportasi perpindahan pada kertas tersebut. *Conveyor* digunakan sebagai alat transportasi untuk memindahkan tumpukan kertas hasil pemotongan yang dijatuhkan dari *conveyor* secara melayang.

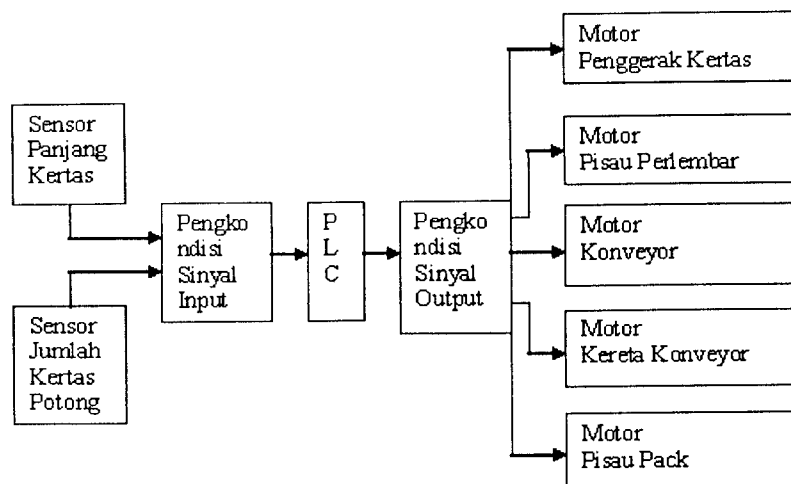
Secara keseluruhan sistem dibagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

1. Pemotongan kertas rol menjadi potongan kertas dengan ukuran panjang tertentu.
2. Penggeseran hasil pemotongan kertas per-lembar.
3. Pemindahan tumpukan kertas yang tersusun dari hasil pemotongan per-lembar.
4. Pemotongan secara per-pack.



Gambar 3.1 Konstruksi *hardware* secara umum.

Pengendalian seluruh sistem dikendalikan dengan menggunakan PLC. Konstruksi alat pemotongan kertas dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Blok diagram pengendalian sistem.

Sistem kendali pemotongan kertas ditunjukkan pada Gambar 3.2. PLC menerima masukan dari output sensor dan output saklar. Masukan diolah oleh CPU menghasilkan keluaran yang dapat menggerakkan mekanisme *output device*.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan mekanis ini akan sangat mempengaruhi dari proses sistem yang akan dibuat, misalnya dari segi bentuk dan ukuran *hardware* yang dibuat akan mempengaruhi titik letak sensor, *switch*, fungsi dan kinerja motor. Perancangan mekanis ini terdapat beberapa proses sistem yang ada.

3.2.1 Sistem pemotongan perlembar

Proses pemotongan perlembar dimulai dari kertas yang masih dalam bentuk gulungan atau rol. Rancangan kertas gulungan tersebut akan digerakkan secara lembaran oleh roda karet dengan cara kertas tersebut diapit dua buah roda

dalam posisi roda atas dan roda di bawah. Roda tersebut dihubungkan ke sebuah pipa yang terbuat dari bahan stainless yang dipasangkan tepat ditengah-tengah roda karet dan digerakkan oleh motor DC.

Roda karet dapat bergerak dari motor dengan menggunakan roda gigi tambahan, untuk menghemat tahanan lamanya motor DC digunakan roda gigi yang berfungsi untuk menyambung antara roda gigi di motor DC itu sendiri dengan roda gigi di as. Dalam hal ini jumlah roda gigi yang digunakan adalah 16 dan 32.

3.2.2 Sistem pemindahan kertas per-lembar

Sistem pemindahan kertas per-lembar disebut sistem *conveyor*. Sistem *conveyor* berfungsi untuk memindahkan kertas dari satu tempat ke tempat lain secara per-lembar. *Conveyor* dalam rangkaian rekayasa sistem pemotongan kertas pada industri rumah tangga digunakan untuk memindahkan kertas yang sudah dipotong dari tempat proses pemotongan ke tempat penumpukan kertas. *Conveyor* akan bekerja jika terdapat kertas yang ada diatas *conveyor* dan dengan otomatis akan berjalan. *Conveyor* digerakkan oleh motor DC yang dikendalikan oleh PLC.

3.2.3 Sistem pemindahan kertas lebih dari satu

Sistem pemindahan kertas lebih dari satu sama seperti sistem pemindahan kertas per-lembar dalam perpindahan kertas potongan. Sistem ini akan berfungsi jika terdapat kertas hasil potongan yang dijatuhkan secara melayang dari sistem pemindahan kertas per-lembar dengan jumlah kertas potongan yang diinginkan.

3.2.4 Sistem pemotongan per - pack

Sistem pemotongan per-pack dalam proses pemotongan kertas akan bekerja ketika *Limit Switch* posisi 3 ditekan (*Close*) oleh sistem pemindahan

kertas lebih dari satu. Mekanisme proses kerja pisau menggunakan dua buah gir dan rantai yang digerakkan oleh motor DC. Sistem ini adalah proses terakhir dari rekayasa sistem kendali pemotongan kertas.

3.2.5 Motor DC *Shunt* 12V

Rangkaian ini dibangun dengan komponen utama berupa motor DC. Keluaran PLC akan membuat relai aktif, keluaran relai dihubungkan ke motor.



Gambar 3.3 Motor DC *Shunt* 12V.

Motor listrik yang digunakan adalah motor DC *Shunt* 12 Volt yang jumlahnya ada lima buah, yang masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda, diantaranya:

- a. Motor pertama berputar kekanan berfungsi untuk menggerakkan kertas.
- b Motor kedua berputar kekiri untuk menaikkan dan menurunkan pisau secara vertikal yang berfungsi untuk memotong kertas perlembar.
- c Motor ketiga berputar kekanan untuk menggerakkan belt, berfungsi untuk menggerakkan kertas yang sudah terpotong untuk dibawa ke *conveyor* dengan cara dijatuhkan secara melayang.
- d Motor keempat berputar kekiri berfungsi untuk menggerakkan *conveyor* pemindahan kertas hasil pemotongan perlembar yang dijatuhkan secara melayang.
- e Motor kelima berputar kekiri berfungsi untuk menggerakkan pisau dengan perantara rantai (rantai mesin sepeda motor).

3.2.6 *Limit Switch*

Pada perancangan ini menggunakan lima buah *Limit Switch* sebagai input NO untuk memberi masukan ke PLC, kelima *Limit Switch* tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Limit Switch 1 Close* ditekan oleh pisau yang berfungsi mendeteksi gerakan pisau untuk mencapai maksimal. Gerakan pisau tersebut akan memberikan sinyal input ke PLC. Sinyal output PLC akan mengendalikan motor 1 yang berputar menggerakkan kertas, berfungsi untuk menarik kertas rol agar bergerak maju.
2. *Limit Switch 2 Close* ditekan oleh *conveyor*, secara tidak langsung *conveyor* tersebut mengaktifkan motor 5 berputar untuk kembali ke posisi awal dan *Limit Switch 2* juga sebagai pembatas maksimal pada *conveyor* untuk berhenti.
3. *Limit Switch 3 Close* berfungsi untuk mengendalikan motor 4 agar berputar kekanan dan menggerakkan pisau *pack* untuk memotong batas maksimal *conveyor* pemindahan kertas tumpukan.
4. *Limit Switch 4 Open* mempunyai 2 fungsi sebagai batas maksimal motor 5 untuk berhenti berputar dari selesai pemotongan kertas dan mengendalikan motor 4 untuk berputar kekanan menggerakkan *conveyor* pengangkut kertas tumpukan.
5. *Limit Switch 5 Close* digunakan sebagai batas maksimal pisau *pack* berhenti.

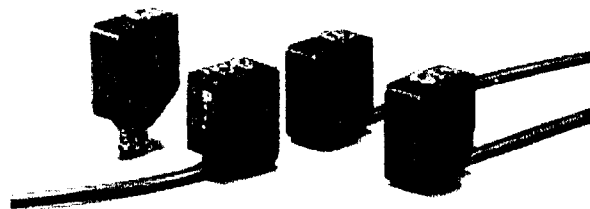
3.2.7 Catu Daya

Catu Daya yang digunakan pada peralatan masukan dan peralatan keluaran yaitu tegangan DC 13.5 V, dan tegangan DC 24 V dari PLC. Tegangan DC 4.18 V dalam perancangan sistem kendali pemotongan kertas difungsikan untuk mencatu daya motor menggerakkan kertas.

Tegangan 7.09 V dengan arus 22.5 A difungsikan untuk mencatu daya motor penggerak pisau perlembar dan pisau per-*pak*, serta untuk mensuplai motor menggerakkan *conveyor*.

3.2.8 Sensor *Photoelectric Switch*

Dalam perancangan rekayasa sistem pemotongan kertas, untuk mendeteksi adanya kertas dengan menggunakan sebuah sensor (*Sensor Pack*) dengan seri E3Z. Sensor mempunyai kelebihan dalam kepekaan pendeteksi yang sangat signifikan serta dapat diukur jarak deteksi sesuai kebutuhan. Sensor dapat aktif dengan Catu Daya 12 V sampai 24 V. Sensor dapat memberi input pada PLC dengan nilai 1 / 0 (kondisi *close / open*). Bentuk *Sensor Photoelectric* dapat dilihat pada Gambar 3.4.



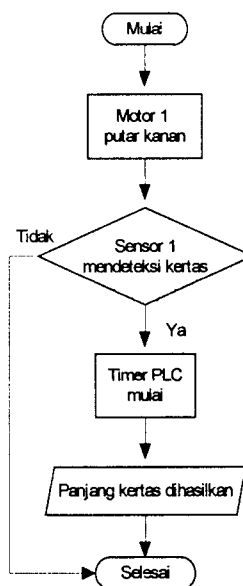
Gambar 3.4 Bentuk *sensor Photoelectric Switch*.

3.3 Diagram alir sistem

Pengendalian keseluruhan sistem merupakan kendali yang berurutan, dimana setiap keadaan mempengaruhi keadaan yang lain. Urutan pengendalian sistem dapat digambarkan dengan diagram alir secara per-blok dan secara keseluruhan.

3.3.1 Diagram alir sistem pemotongan untuk panjang kertas

Gambar 3.5 dijelaskan proses pemotongan kertas dengan ukuran panjang yang diinginkan. Ukuran kertas didapatkan dengan memberikan masukan pada *Timer* PLC. Diagram alir pemotongan kertas dapat dilihat pada Gambar 3.5.

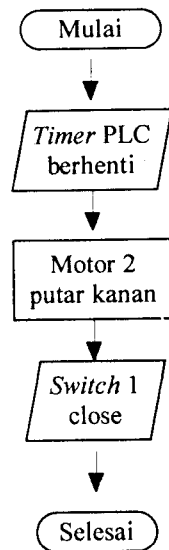


Gambar 3.5 Diagram alir pemotongan untuk panjang kertas.

3.3.2 Diagram alir sistem pada pisau

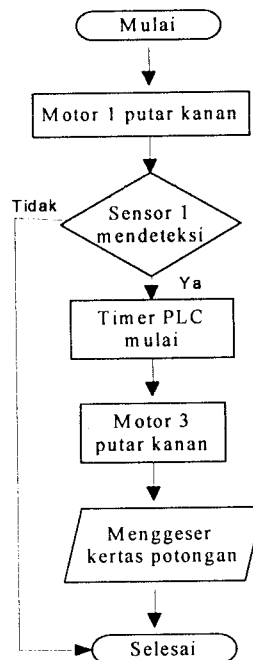
Sistem pisau bekerja seperti pada Gambar 3.6, pisau digerakkan oleh motor 2. Motor 2 berjalan ketika motor 1 selesai menggerakkan kertas dengan *Timer* yang diberikan. Setelah *Timer* berhenti mencacah motor 1 berhenti dan motor 2 menggerakkan pisau. Motor 2 berhenti setelah pisau menyentuh *Limit*

Switch dan proses akan kembali seperti awal. Diagram alir sistem pada pisau memotong kertas dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir sistem pada pisau.

3.3.3 Diagram alir sistem pada *conveyor* penggeser kertas

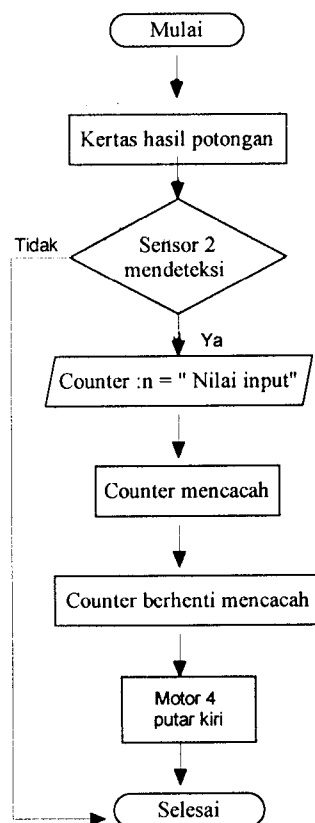


Gambar 3.7 Diagram alir sistem *conveyor* penggeser kertas.

Sistem kerja *conveyor* dikendalikan oleh sensor yang mendeteksi kertas. Keluaran sensor memberi masukan ke PLC kemudian keluaran dari PLC memberi perintah motor 3 putar kanan dan menggerakkan *conveyor* penggeser kertas. Diagram alir pada sistem *conveyor* penggeser kertas dapat dilihat pada Gambar 3.7.

3.3.4 Diagram alir sistem *conveyor* pengangkut kertas

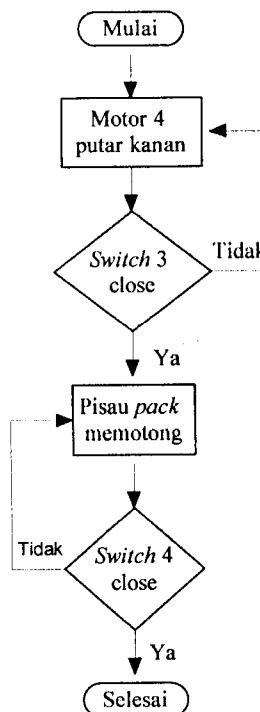
Gambar 3.8 ditunjukkan bahwa pencacah digunakan sebagai pengendalian *conveyor* untuk mengangkut kertas tumpukan hasil potongan. Counter akan memberi input pada motor 4 untuk jalan jika counter tersebut selesai mencacah. Diagram alir sistem *conveyor* pengangkut kertas dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram alir sistem *conveyor* pengangkut kertas.

3.3.5 Diagram alir sistem pisau *pack*

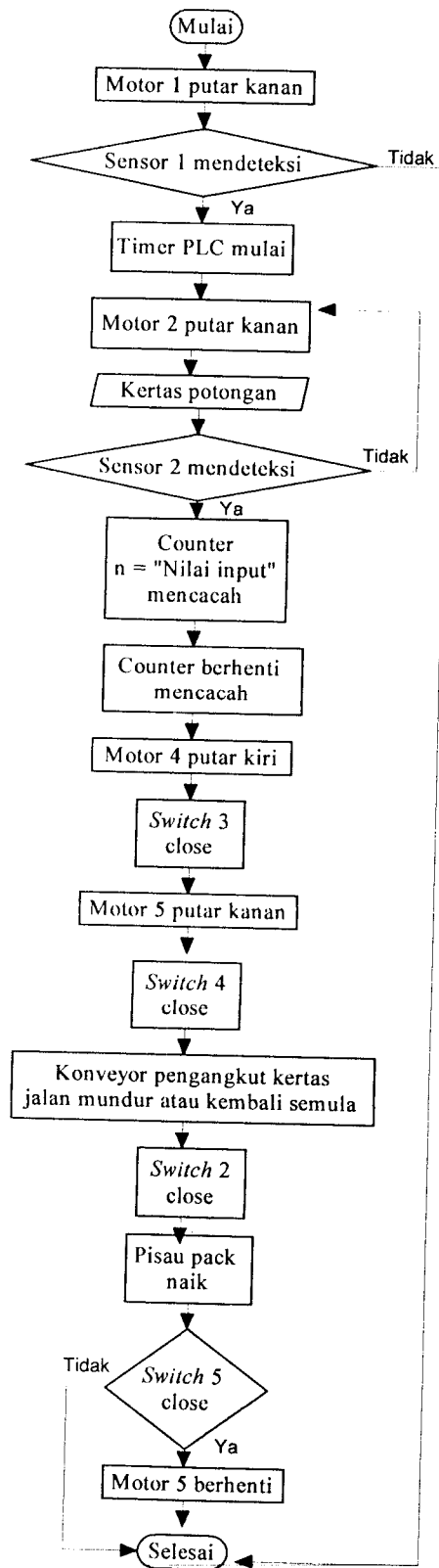
Kerja pisau diperlihatkan pada Gambar 3.9, pisau akan memotong jika *conveyor* mengangkut kertas hasil potongan hingga menekan *Limit Switch*. Saat *Limit Switch* tertekan pisau akan memotong kertas. Diagram alir sistem pisau *pack* dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Diagram alir sistem pisau *pack*.

3.3.6 Diagram alir secara keseluruhan

Sistem pengendalian secara keseluruhan merupakan kendali berurutan dan setiap keadaan dipengaruhi keadaan yang lain. Dalam pengendaliannya *Limit Switch* berfungsi sebagai saklar. Diagram alir secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Diagram alir secara keseluruhan

3.4 Diagram *Ladder* Sistem

Alamat PLC untuk sistem utama dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Alamat PLC untuk sistem utama

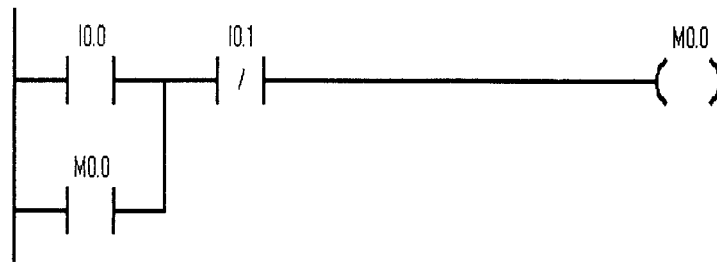
Alamat	Modul I/O	Fungsi
I 0.0	Input	<i>Start</i>
I 0.1	Input	<i>Stop</i>
I 0.2	Input	Sensor pendeteksi kertas posisi 1

Langkah pertama dalam pembuatan diagram *ladder* PLC adalah menentukan alamat masukan dan keluaran.

Tabel 3.2 Alamat PLC yang digunakan

Alamat	Modul I/O	Fungsi
I 0.2	Input	Sensor pendeteksi
I 0.0	Input	Tombol <i>start</i>
I 0.3	Input	<i>Limit Switch</i> posisi 1
M0.0	Output	Sistem
Q 0.1	Output	Penggerak motor 1
Q 0.2	Output	Penggerak motor 2
I 0.4	Input	Sensor pendeteksi
Q 0.3	Output	Penggerak motor 3
I 0.5	Input	<i>Limit Switch</i> posisi 3
Q 0.4	Output	Pengerak motor 4
I 0.6	Input	<i>Limit Switch</i> posisi 4
Q 0.5	Output	Penggrak motor 5
Q 0.6	Output	Penggerak motor 6 "
I 1.1	Input	<i>Limith Switch</i>
Q 0.7	Output	Pengerak motor7

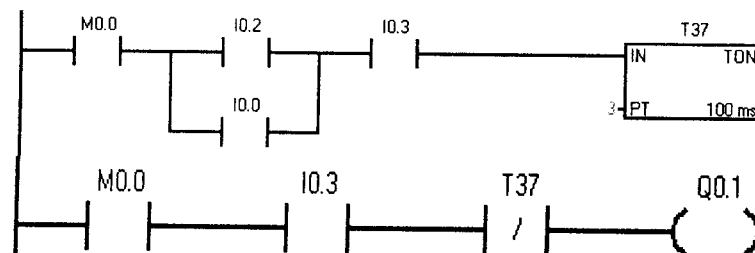
3.4.1 Diagram ladder untuk *start* dan *stop* sistem



Gambar 3.11 Diagram *ladder* untuk *start* dan *stop* sistem

Diagram ladder untuk *start* dan *stop* sistem dapat dilihat pada Gambar 3.11. Pembuatan *ladder* untuk *start* dan *stop* berfungsi untuk memastikan agar sistem pasti pada kondisi *ON* saat tombol *start* ditekan dan pada kondisi *OFF* saat tombol *stop* ditekan. M0.0 merupakan alamat internal *relai* yang digunakan sebagai keluaran yang tidak berhubungan langsung dengan modul keluaran. Keluaran M0.0 digunakan pada awal pembuatan diagram *ladder*.

3.4.2 Diagram *ladder* untuk ukuran panjang kertas

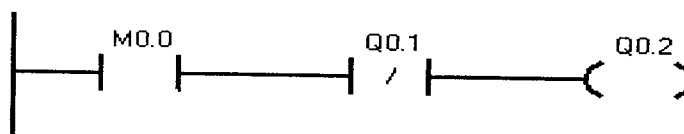


Gambar 3.12 Diagram *ladder* untuk panjang kertas

Gambar 3.12 dijelaskan pada saat tombol *start* I0.0 ditekan maka *Timer* akan aktif sehingga motor 1 akan berputar. Lamanya putaran motor 1 digunakan untuk menentukan panjang kertas. Diagram *ladder* untuk panjang kertas dapat dilihat pada Gambar 3.12.

3.4.3 Diagram *ladder* untuk pisau

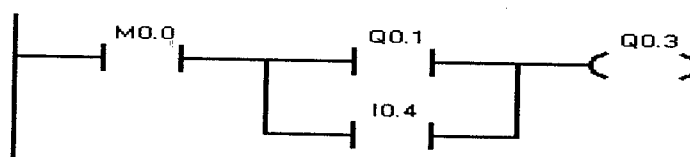
Diagram *ladder* untuk pisau memotong dapat dilihat pada Gambar 3.13. Sistem kerja pisau potong bekerja berlawanan dengan fungsi kerja motor 1. Motor 2 akan berputar ketika motor 1 berhenti setelah menggerakkan kertas.



Gambar 3.13 Diagram *ladder* untuk pisau potong

3.4.4 Diagram *ladder* pada *conveyor* penggeser kertas

Sistem *conveyor* merupakan pengkondisi keadaan, dimana *conveyor* akan dalam keadaan 1 (jalan) jika dilewati kertas potong. Proses *conveyor* akan terjadi jika ada kertas potongan yang masih diatas *conveyor*. Proses jalannya *conveyor* ini menggunakan sensor keadaan dan sensor akan memberi masukan pada PLC, sehingga keluaran yang terhubung pada katub akan aktif dan menggerakkan motor 3. Diagram *ladder* untuk *conveyor* jalan dapat dilihat pada Gambar 3.14.

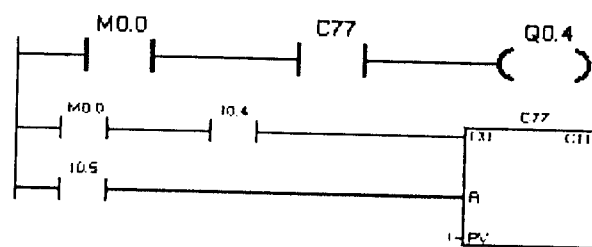


Gambar 3.14 Diagram *ladder* untuk *conveyor* jalan.

3.4.5 Diagram *ladder* pada *conveyor* pengangkut kertas

Sistem *conveyor* merupakan pengkondisi keadaan, dimana *conveyor* akan dalam keadaan 1 (jalan) jika dilewati kertas potongan. Proses *conveyor* akan terjadi jika ada kertas potongan yang masih diatas *conveyor*. Proses jalannya *conveyor* ini menggunakan sensor keadaan dan sensor akan memberi masukan pada PLC, sehingga keluaran yang terhubung pada katub akan aktif dan

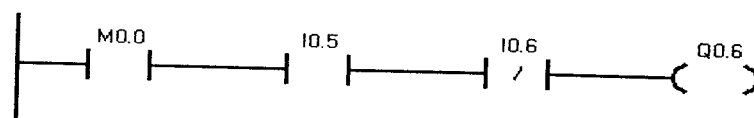
menggerakkan motor 3. *Conveyor* pengangkut kertas berjalan setelah counter mencacah dan memberi perintah pada motor 4 untuk jalan. Counter akan mencacah kembali pada keadaan semula jika counter tersebut ter-reset. *Limit Switch* 3 mempunyai fungsi untuk mereset counter agar keadaan menjadi semula atau nol. Counter yang digunakan adalah jenis counter “CTU”. Counter CTU adalah Counter mencacah dengan cara menjumlahkan.



Gambar 3.15 Diagram *ladder* untuk *conveyor* pengangkut kertas jalan maju

3.4.6 Diagram *ladder* pada pisau *pack*

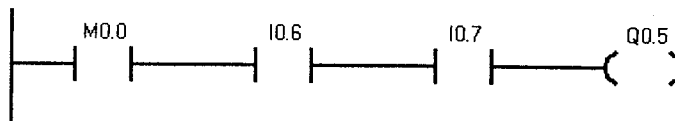
Proses sistem kerja pisau *pack* akan diperintah jalan jika mendapat masukan. *Limit Switch* 3 merupakan salah satu keadaan yang dapat memberikan masukan 1 motor 5 jalan.



Gambar 3.16 Diagram *ladder* untuk pisau *pack* memotong

Proses sistem kerja pisau *pack* akan diperintah jalan jika mendapat masukan. *Limit Switch* 3 merupakan salah satu keadaan yang dapat memberikan masukan 1 motor 5 jalan. Diagram *ladder* untuk pisau *pack* memotong dapat dilihat pada Gambar 3.16.

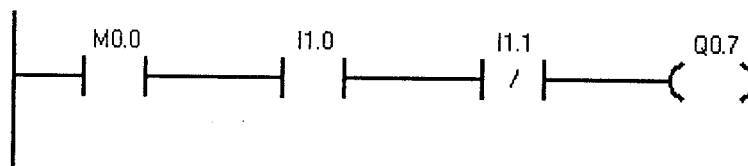
3.4.7 Diagram *ladder conveyor* pengangkut kertas jalan mundur



Gambar 3.17 Diagram *ladder conveyor* pengangkut kertas jalan mundur

Setelah proses sebelumnya pada saat posisi memotong atau pisau turun, maka pisau berada pada batas minimum. Proses selanjutnya *Limit Switch* 4 berfungsi untuk batas potong minimum. *Limit Switch* mempunyai fungsi sebagai pen-saklar pada keadaan 1, yang artinya *Limit Switch* tersebut tidak sengaja memberi perintah pada *conveyor* pengangkut kertas untuk jalan. Diagram *ladder conveyor* pengangkut kertas jalan mundur dapat dilihat pada Gambar3.17.

3.4.8 Diagram *ladder* pada pisau *pack* naik



Gambar 3.18 Diagram *ladder* pada pisau *pack* naik

Diagram *ladder* diatas merupakan diagram *ladder* terakhir dari proses pemotongan. Setelah proses berakhir maka akan kembali posisi semula. *Limit Switch* 2 ditekan bersamaan dengan kembalinya *conveyor* pengangkut kertas pada posisi semula. *Limit Switch* 2 sebagai pembatas maksimal pada *conveyor* pengangkut kertas untuk memberi masukan input 0 (putus) pada PLC, dengan cara *Limit Switch* 2 ditekan. Pisau 2 juga mempunyai batas maksimal, batas tersebut berfungsi pada saat pisau *pack* kembali ke posisi awal. Batas yang digunakan adalah *Limit Switch* posisi 5 dengan cara ditekan. Diagram *ladder* pada pisau *pack* naik dapat dilihat pada Gambar 3.18.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai pengujian hasil dari perancangan sistem kendali pemotongan kertas pada industri rumah tangga berbasis PLC. Alat ini di uji untuk beberapa ukuran kertas, antara lain :

1. Ukuran A4 dengan panjang kertas 29,7 cm.
2. Ukuran kartu nama dengan panjang kertas 9,5 cm.
3. Ukuran lebar kertas berdasarkan *Timer* PLC.

Ukuran waktu yang dibutuhkan untuk proses pemotongan tidak sama. Masing-masing ukuran untuk panjang yang diinginkan dapat mengubah *Timer* PLC. Tegangan yang digunakan dalam proses pemotongan sebesar 4,18 V dengan arus sebesar 15 A untuk motor penggerak kertas dan tegangan sebesar 7,09 V dengan arus sebesar 22,5 A untuk motor penggerak pisau. Kertas yang digunakan untuk proses pemotongan menggunakan tiga buah jenis kertas, diantaranya: kertas gambar, kertas lincn hitam, dan kertas dufax.

4.1 Pengujian pemotongan kertas ukuran panjang A4 (29,7 cm) jenis kertas gambar.

Pengujian pemotongan ukuran umum dilakukan dengan mengubah *Timer* PLC sebesar 18 ms yang diharapkan menghasilkan potongan kertas dengan panjang 29,7 cm. Hasil perolehan data terdapat *error* pada pengujian ke-1 dengan panjang kertas 7 cm yang disebabkan pemasangan kertas kurang panjang.

Pengujian ke-10 didapatkan panjang kertas 31,0 cm dengan *error* kertas sebesar 1,3 cm yang disebabkan kertas sisa.

Tabel 4.1 Hasil pengujian pemotongan kertas ukuran A4 jenis kertas gambar.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Selisih (cm)	Keterangan
1	1	29,0	- 7	Lancar
2	2	29,7	0	Lancar
3	3	29,7	0	Lancar
4	4	29,7	0	Lancar
5	5	29,7	0	Lancar
6	6	29,7	0	Lancar
7	7	29,7	0	Lancar
8	8	29,7	0	Lancar
9	9	29,7	0	Lancar
10	10	31,0	+13	Lancar
	Jumlah	= 297, 6	= 20	Mendekati normal

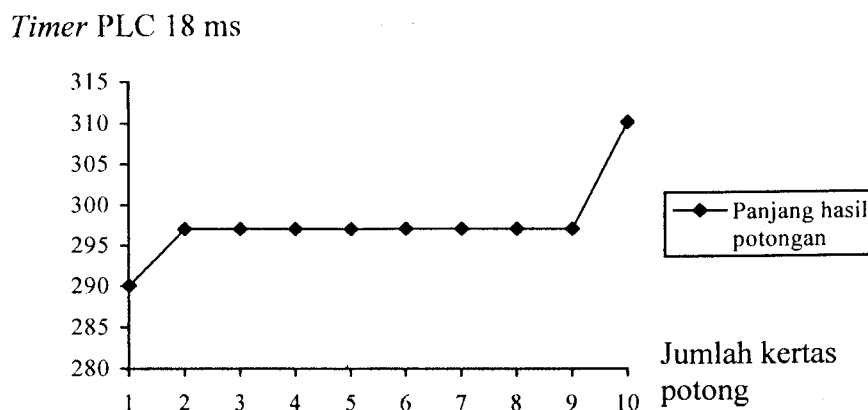
Perolehan data Tabel 4.1 hasil pengujian pemotongan kertas ukuran A4 jenis kertas gambar terdapat *error* pada pemotongan ke-1 dan ke-10. *Error* pada pengujian ke-1 dan ke-10 tidak dikategorikan dalam proses pengujian dan selisih yang dihasilkan jauh dari statistik. Rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata - rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata - rata}}{n} = \frac{20 \text{ cm}}{10} = 2 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{297,6 \text{ cm}}{10} = 29,76 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dari ukuran A4 jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 29,76 cm dan rata-rata *error* sebesar 2 cm.

Grafik perbandingan jumlah potongan kertas dari pengaturan *Timer* PLC 18 ms dengan panjang kertas yang dihasilkan terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hasil pemotongan kertas dari *Timer* PLC 18 ms.

4.2 Pengujian pemotongan ukuran kartu nama dengan panjang kertas 9,5 cm jenis kertas gambar

Pengujian dilakukan dengan *Timer* PLC sebesar 9 ms yang diharapkan potongan kertas dengan panjang 9,5 cm. Pengujian ke-1 dihasilkan panjang kertas 7,5 cm, hasil yang diperoleh tidak sesuai yang diharapkan dan pengujian ke-2 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9,5 cm, hasil ukuran tersebut sesuai yang diinginkan.

pengujian ke-3 dihasilkan panjang kertas 9,6 cm, dari panjang tersebut diperoleh sisa 0,1 cm disebabkan kertas bergerak tidak stabil. Pengujian ke-4 dan ke-5 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9,5 cm. Pengujian ke-6 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9,6 cm, dari panjang tersebut diperoleh sisa 0,1 cm disebabkan kertas bergerak tidak stabil. Pengujian ke-7 sampai pemotongan ke-9 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran panjang 9,5 cm.

Tabel 4.2 Hasil pengujian pemotongan kertas ukuran kartu nama dengan panjang kertas 9,5 cm jenis kertas Gambar.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Selisih (cm)	Keterangan
1	1	7,5	- 2	Lancar
2	2	9,5	0	Lancar
3	3	9,6	+ 0,1	Lancar
4	4	9,5	0	Lancar
5	5	9,5	0	Lancar
6	6	9,6	+ 0,1	Lancar
7	7	9,5	0	Lancar
8	8	9,5	0	Lancar
9	9	9,5	0	Lancar
10	10	9,6	+ 0,1	Lancar
11	11	9,5	0	Lancar
12	12	9,5	0	Lancar
13	13	9,5	0	Lancar
14	14	9,5	0	Lancar
15	15	9,5	0	Lancar
16	16	9,5	0	Lancar
17	17	9,6	+ 0,1	Lancar
18	18	9	- 0,5	Lancar
19	19	9,5	0	Lancar
20	20	9,5	0	Lancar
21	21	9,5	0	Lancar
22	22	9,5	0	Lancar
23	23	9,5	0	Lancar
24	24	9,5	0	Lancar
25	25	9,7	+ 0,2	Lancar
	Jumlah	= 235,6	= 3,1	Mendekati normal

Pengujian ke-10 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9,6 cm, dari panjang tersebut diperoleh sisa 0,1 cm yang disebabkan kertas bergerak tidak stabil. Pengujian ke-11 sampai pemotongan ke-16 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9,5 cm. Pengujian ke-17 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9,6 cm, dari panjang tersebut diperoleh sisa 0,1 cm yang disebabkan kertas bergerak tidak stabil. Pengujian ke-18 panjang kertas dihasilkan dengan ukuran 9 cm. Kertas tersebut kurang panjang 0,5 cm yang disebabkan kertas bergerak tidak stabil.

Pengujian ke-19 sampai pemotongan ke-24 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9,5 cm. Pengujian ke-25 kertas yang didapat panjang 9,7 cm terdapat *error* panjang kertas 0,2 cm, *error* disebabkan kertas sisa. Pengujian ke-25 merupakan pemotongan terakhir untuk pengujian panjang kertas 9,5 cm pada setingan PLC 9,5 ms dan kertas hasil potongan sesuai yang diinginkan. Hasil Pengujian pemotongan ukuran kartu nama jenis kertas gambar dapat dilihat pada Tabel 4.2.

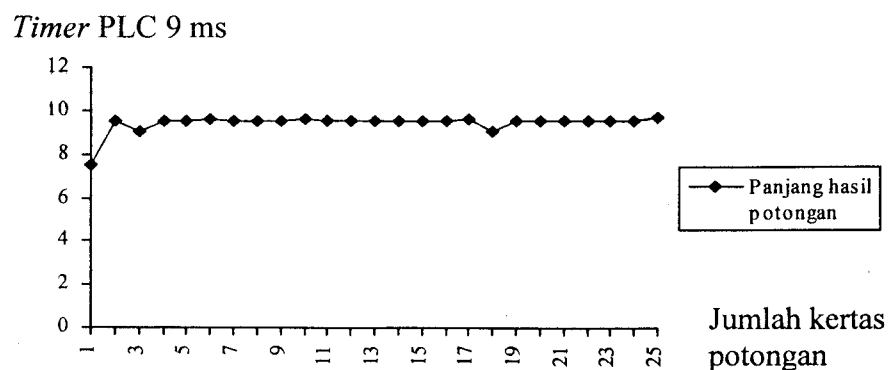
Perolehan data Tabel 4.2 hasil pengujian pemotongan kertas ukuran kartu nama dengan panjang kertas 9,5 cm jenis kertas Gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{3,1 \text{ cm}}{25} = 0,124 \text{ cm}.$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{235,6 \text{ cm}}{25} = 9,424 \text{ cm}.$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dari ukuran kartu nama jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 9,4 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,1 cm.

Grafik perbandingan jumlah pemotongan kertas dari *Timer* PLC 9 ms dengan panjang kertas yang dihasilkan terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik hasil pemotongan kertas dari *Timer* PLC 9 ms.

4.3 Pengujian pemotongan ukuran kartu nama jenis kertas linen

Pengujian dilakukan dengan *Timer* PLC sebesar 9 ms yang diharapkan pemotongan kertas dengan panjang 9,5 cm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3. Pengujian ke-1 terdapat *error* kertas kurang panjang 1,5 cm dari panjang kertas 9 cm, penyebabnya pemasangan kertas pada saat start kurang panjang. Pengujian ke-2 sampai ke-5 kondisi kertas saat dipotong sesuai dengan yang diinginkan.

Pengujian ke-6 sampai ke-10 terdapat *error* disebabkan kertas gerak tidak stabil. Pengujian ke-11 hasil pemotongan kertas sesuai yang diinginkan. Pengujian ke-12 sampai ke-14 terdapat *error* disebabkan kertas gerak tidak stabil. Pengujian ke-15 terdapat *error* panjang kertas 11 cm disebabkan kertas sisa. Pengujian ke-15 merupakan pengujian terakhir pengaturan pada PLC 9 ms dengan panjang kertas 9,5 cm jenis kertas linen. Pengujian pemotongan ukuran kartu nama jenis kertas linen dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian pemotongan jenis kertas linen ukuran kartu nama.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	7,5	- 2	Lancar
2	2	9	- 0,5	Lancar
3	3	9	- 0,5	Lancar
4	4	9	- 0,5	Lancar
5	5	9	- 0,5	Lancar
6	6	9,6	+ 0,1	Lancar
7	7	9,5	0	Lancar
8	8	10	+ 0,5	Lancar
9	9	9,3	- 0,2	Lancar
10	10	9,6	+ 0,1	Lancar
11	11	9	- 0,5	Lancar
12	12	9,5	0	Lancar
13	13	9,5	0	Lancar
14	14	9,5	0	Lancar
15	15	11	+ 1,5	Lancar
	Jumlah	= 140	= 6,9	Mendekati normal

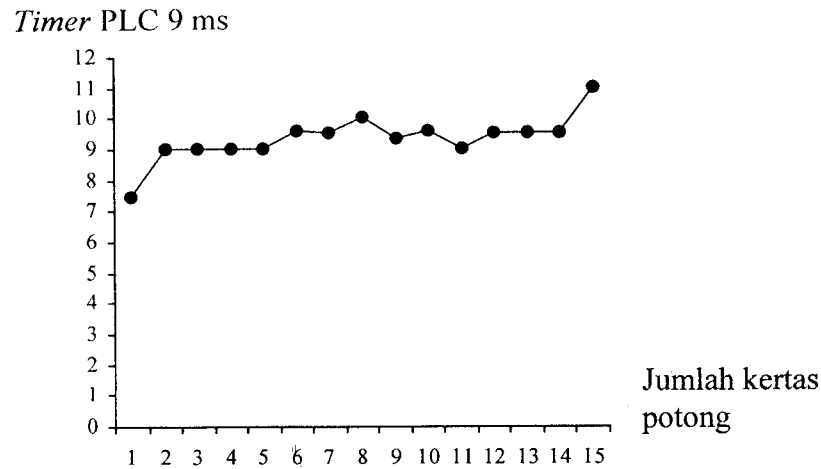
Perolehan data Tabel 4.3 hasil pengujian pemotongan kertas ukuran kartu nama jenis kertas linen terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata - rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata - rata}}{n} = \frac{6,9 \text{ cm}}{15} = 0,46 \text{ cm}.$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{140 \text{ cm}}{15} = 9,3 \text{ cm}.$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dari ukuran kartu nama jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata 9,3 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,46 cm.

Grafik hasil pemotongan kertas dari *Timer* PLC 9 ms dengan panjang kertas yang dihasilkan terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hasil pemotongan kertas dari *Timer PLC 9 ms*.

Grafik hasil pengujian dengan *Timer PLC 9 ms* dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pengujian ke-1 dihasilkan panjang kertas 7,5 cm. Hasil yang diperoleh dari pengujian ke-1 kurang panjang 2 cm yang disebabkan pemasangan kertas kurang panjang. pengujian ke-2 sampai ke-5 dihasilkan panjang kertas dengan ukuran 9 cm, hasil ukuran tersebut kurang panjang 0,5 cm, disebabkan kertas gerak tidak sempurna . Pengujian ke-6 dihasilkan panjang kertas 9,6 cm terdapat *error* kertas lebih 0,1 cm. Pengujian ke-7 dihasilkan panjang kertas 9,5 cm, hasil potongan sesuai panjang kertas yang diharapkan.

Pengujian ke-8 dihasilkan panjang kertas 10 cm terdapat *error* yang disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-9 dihasilkan panjang kertas 9,3 cm terdapat *error* yang disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-10 dihasilkan panjang kertas 9,6 cm terdapat *error* yang disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-11 dihasilkan panjang kertas 9 cm terdapat *error* kertas kurang panjang 0,5 cm, disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-12 sampai ke- 14 dihasilkan panjang kertas 9,5 cm, hasil potongan sesuai panjang

kertas yang diharapkan. Pengujian ke-15 dihasilkan panjang kertas 11 cm terdapat *error* disebabkan kertas sisa.

Perbandingan pemotongan dari jenis kertas yang digunakan, antara jenis kertas gambar, kertas dufax, dan jenis kertas linen dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 4.4 Perbandingan tiga jenis kertas yang digunakan pada pengujian .

No	Jenis kertas	Ukuran panjang kertas			Keterangan
		Pendek (cm) 1 - 4	Sedang (cm) 5 - 9	Panjang (cm) 10 - 33	
1	Kertas gambar	Lancar	Lancar	Lancar	Mudah dipotong
2	Dufax	Tidak lancar	Tidak lancar	Tidak lancar	Tidak bisa dipotong
3	Kertas linen	Lancar	Lancar	Lancar	Mudah dipotong

4.4 Pengujian pemotongan kertas

4.4.1 Pengujian pemotongan ukuran lebar kertas mulai dari *Timer* PLC 1 ms sampai 5 ms jenis kertas gambar.

a. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms.

Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms didapatkan hasil potongan kertas ukuran lebar 0,5 cm pada pengujian ke-6, ke-7, ke-9, dan ke-10. Hasil panjang kertas ukuran 0,4 cm didapatkan pada pengujian ke-4, ke-8. Hasil panjang kertas ukuran 0,3 cm didapatkan pada pengujian ke-5. pengujian ke-2 dan pengujian ke-3 dihasilkan ukuran panjang 0,8 cm. Pengujian ke-1 didapatkan ukuran panjang 0,9 cm dan pengujian ke-11 didapatkan ukuran panjang 0,6 cm. Perolehan panjang kertas dari *Timer* PLC 1 ms yang berbeda disebabkan gerak

kertas tidak stabil. Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms dengan menggunakan jenis kertas gambar dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	0,9	+ 0,4	Lancar
2	2	0,8	+ 0,3	Lancar
3	3	0,8	+ 0,3	Lancar
4	4	0,4	- 0,1	Lancar
5	5	0,3	- 0,2	Lancar
6	6	0,5	0	Lancar
7	7	0,5	0	Lancar
8	8	0,4	- 0,1	Lancar
9	9	0,5	0	Lancar
10	10	0,5	0	Lancar
11	11	0,6	+ 0,1	Lancar
	Jumlah	= 6,2	= 1,5	Mendekati normal

Perolehan data Tabel 4.5 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{1,5 \text{ cm}}{11} = 0,1 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{6,2 \text{ cm}}{11} = 0,56 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,56 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,1 cm.

b. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms.

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms dapat dilihat pada Tabel 4.6. Panjang kertas 1,4 cm didapatkan pada pengujian ke-5, dan ke-7.

Hasil panjang kertas 1,6 cm didapatkan pada pengujian ke-3 sampai pengujian ke-10. Pengujian ke-1 dan ke-11 diperoleh panjang kertas 1,8 cm. Hasil panjang kertas yang berbeda disebabkan gerak kertas tidak stabil.

Tabel 4.6 Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	0,8	- 0,7	Lancar
2	2	1,4	- 0,1	Lancar
3	3	1,6	+ 0,1	Lancar
4	4	1,6	+ 0,1	Lancar
5	5	1,6	+ 0,1	Lancar
6	6	1,6	+ 0,1	Lancar
7	7	1,6	+ 0,1	Lancar
8	8	1,6	+ 0,1	Lancar
9	9	1,6	+ 0,1	Lancar
10	10	1,4	- 0,1	Lancar
11	11	1,8	+ 0,3	Lancar
	Jumlah	= 16,6	= 1,9	Mendekati normal

Perolehan data Tabel 4.6 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis.

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{1,9 \text{ cm}}{11} = 0,2 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{16,6 \text{ cm}}{11} = 1,5 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata 1,5 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,2 cm.

c. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 3 ms.

Hasil pemotongan kertas dari *Timer* PLC 3 ms dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil pengujian pemotongan kertas dari *Timer* PLC 3.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	2,5	+ 0,05	Lancar
2	2	2,5	+ 0,05	Lancar
3	3	2,6	+ 0,15	Lancar
4	4	2,4	- 0,05	Lancar
5	5	2,2	- 0,25	Lancar
6	6	2,4	- 0,05	Lancar
7	7	2,4	- 0,05	Lancar
8	8	2,5	+ 0,05	Lancar
9	9	2,6	+ 0,15	Lancar
10	10	2,4	- 0,05	Lancar
	Jumlah	= 24,5	0,5	Mendekati normal

Hasil panjang kertas 2,5 cm diperoleh pada pengujian ke-1, ke-2, dan pengujian ke-8 terdapat sisa panjang kertas 0,05 cm. Sisa 0,05 cm dari pengujian ke-1, ke-2 dan ke-8 disebabkan gerak kertas tidak stabil. Sisa panjang kertas 0,15 cm dari pengujian ke-3 dan pengujian ke-9 disebabkan gerak kertas tidak stabil.

Perolehan data Tabel 4.7 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 3 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{0,5 \text{ cm}}{10} = 0,05 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{24,5 \text{ cm}}{10} = 2,25 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 3 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata 2,25 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,05 cm.

d. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms.

Tabel 4.8 Hasil pengujian pemotongan kertas pada *Timer* PLC 4 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	3,2	- 0,14	Lancar
2	2	3,5	+ 0,16	Lancar
3	3	3,6	+ 0,26	Lancar
4	4	3,2	- 0,14	Lancar
5	5	3,2	- 0,14	Lancar
6	6	3,2	- 0,14	Lancar
7	7	3,2	- 0,14	Lancar
8	8	3,5	+ 0,16	Lancar
9	9	3,6	+ 0,26	Lancar
10	10	3,2	- 0,14	Lancar
	Jumlah	= 33,4	= 0,8	Mendekati normal

Pemotongan ke-1, ke-4, ke-5, ke-6, ke-7 dan ke-10 dihasilkan panjang kertas 3,2 cm dengan kondisi panjang kertas kurang 0,14 cm. Panjang kertas 3,5 cm didapat pada pengujian ke-2 dan ke-8 dengan kondisi panjang kertas kurang 0,14 cm. Panjang kertas 3,6 cm didapat pada pengujian ke-3 dan ke-9 dengan kondisi panjang kertas lebih 0,26 cm. Hasil pemotongan kertas berbeda-beda disebabkan kertas gerak tidak stabil. Perolehan data Tabel 4.8 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{0,8 \text{ cm}}{10} = 0,08 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{33,4 \text{ cm}}{10} = 3,34 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata 3,34 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,08 cm.

e. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 5 ms.

Pengujian ke -1 didapatkan panjang kertas 4,4 cm dengan kondisi kertas kurang 0,03 cm yang disebabkan pemasangan ketas kurang panjang. Pengujian ke-2 didapatkan panjang kertas 4,4 cm dengan kondisi kertas kurang 0,03 cm yang disebabkan pemasangan ketas kurang panjang. Pengujian ke-3 didapat panjang kertas 4,6 cm dengan kondisi kertas lebih 0,17 cm. Hasil panjang kertas 4,4 cm didapat pada pengujian ke-4, ke-6, ke-7 , ke-10 dengan kondisi kertas kurang panjang 0,03 cm. Pengujian ke-5 didapatkan panjang kertas 4,2 cm dengan kondisi kertas terjepit. Pengujian ke-8 dengan kondisi kertas sisa 0,17 cm dari hasil kertas yang didapatkan dengan panjang kertas 4,5 cm yang disebabkan gerak kertas *error*. Hasil pengujian pemotongan kertas dari *Timer* PLC 5 ms dapat dilihat pada Tabel 4.9 ms.

Tabel 4.9 Hasil pengujian pemotongan kertas pada *Timer* PLC 5 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	4,4	- 0,03	Lancar
2	2	4,4	- 0,03	Lancar
3	3	4,6	+ 0,17	Lancar
4	4	4,4	- 0,03	Lancar
5	5	4,2	- 0,23	Lancar
6	6	4,4	- 0,03	Lancar
7	7	4,4	- 0,03	Lancar
8	8	4,5	+ 0,07	Lancar
9	9	4,6	+ 0,17	Lancar
10	10	4,4	- 0,03	Lancar
	Jumlah	$\bar{x} = 44,3$	0,8	Mendekati normal

Perolehan data Tabel 4.9 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 5 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{0,8 \text{ cm}}{10} = 0,8 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{44,3 \text{ cm}}{10} = 4,43 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 5 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 4,43 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,8 cm.

4.4.2 Pengujian pemotongan ukuran lebar kertas mulai dari *Timer* PLC 1 ms sampai 5 ms jenis kertas dufax.

a. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms.

Tabel 4.10 Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	0,3	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
2	2	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
3	3	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
4	4	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
5	5	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
6	6	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
7	7	0,3	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
8	8	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
9	9	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
10	10	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
11	11	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
12	12	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
13	13	0,2	0	Potongan tidak bisa penuh
14	14	0,3	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
	Jumlah	= 3,1	= 0,3	<i>error</i> , jauh dari normal

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms jenis kertas dufax dapat dilihat pada Tabel 4.10. Pengujian pemotongan kertas ke-1, ke-7, dan ke-14 didapat panjang kertas 0,3 cm dengan kondisi kertas sisa 0,1 cm. Hasil panjang kertas 0,2 cm didapat dari pengujian ke-2 sampai ke-6 dan pengujian ke-8 sampai pengujian ke-13 kondisi kertas tanpa sisa. Potongan ke-14 merupakan pemotongan terakhir untuk *Timer* PLC 1 ms jenis kertas dufax.

Perolehan data Tabel 4.10 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$Rata - rata\ error = \sum_m^n \frac{Hasil\ rata - rata}{n} = \frac{0,3\ cm}{14} = 0,02\ cm$$

$$Nilai\ rata - rata = \sum_m^n \frac{Hasil\ rata - rata}{n} = \frac{3,1\ cm}{14} = 0,2\ cm$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 1 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 0, 2 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,02 cm.

b. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms.

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms dapat dilihat pada Tabel 4.11 Pengujian pemotongan ke-1 didapat panjang 2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan pemasangan kertas kurang panjang. Pengujian pemotongan kertas ke-2 didapat panjang 2,5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,4 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian pemotongan kertas ke-3 hasil sesuai keinginan. Pengujian pemotongan kertas ke-4 didapat panjang 2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil.

Pengujian ke-5 didapat panjang kertas 1,2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,9 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-6 didapat panjang kertas 2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan kertas terjepit. Pengujian pemotongan kertas ke-7 dan ke-8 didapat panjang kertas 2,5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,5 cm disebabkan gerak kertas tidak lancar. Pengujian ke-9 sampai pengujian ke-13 dihasilkan panjang kertas 2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-14 dihasilkan panjang kertas 2,7 cm dengan kondisi kertas sisa 0,6 cm disebabkan kertas sisa.

Tabel 4.11 Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
2	2	2,5	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
3	3	2,1	0	Potongan tidak bisa penuh
4	4	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
5	5	1,2	- 0,9	Potongan tidak bisa penuh
6	6	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
7	7	2,5	+ 0,5	Potongan tidak bisa penuh
8	8	2,5	+ 0,5	Potongan tidak bisa penuh
9	9	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
10	10	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
11	11	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
12	12	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
13	13	2	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
14	14	2,7	+ 0,6	Potongan tidak bisa penuh
	Jumlah	= 29,5	= 3,7	<i>error</i> , jauh dari normal.

Perolehan data Tabel 4.11 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata - rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata - rata}}{n} = \frac{3,7 \text{ cm}}{14} = 0,3 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{29,5 \text{ cm}}{14} = 2,1 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 2 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata 2,1 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,3 cm.

c. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 3 ms.

Tabel 4.12 Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 3 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	4	+ 0,2	Hasil kertas miring
2	2	3,3	- 0,5	Hasil kertas miring
3	3	3,7	- 0,1	Hasil kertas miring
4	4	4,4	+ 0,6	Hasil kertas miring
5	5	3,7	- 0,3	Hasil kertas miring
6	6	5,4	+ 1,6	Hasil kertas miring
7	7	5	+ 1,2	Hasil kertas miring
8	8	2,5	- 1,3	Hasil kertas miring
9	9	2,7	- 0,1	Hasil kertas miring
10	10	4	+ 0,2	Hasil kertas miring
11	11	3,4	- 0,4	Hasil kertas miring
12	12	3,9	+ 0,1	Hasil kertas miring
13	13	3	- 0,8	Hasil kertas miring
14	14	4,4	+ 0,6	Hasil kertas miring
	Jumlah	= 53,4	= 8	Jauh dari normal

Pengujian pemotongan kertas ke-1 didapat panjang 2 cm dengan kondisi kertas kurang panjang 0,1 cm disebabkan pemasangan kertas kurang panjang. Pengujian ke-2 didapat panjang kertas 2,5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,4 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-3 didapat panjang kertas 2,1 cm dengan kondisi kertas tanpa sisa. Pengujian ke-4 didapat panjang kertas 2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-5 didapat panjang kertas 1,2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,9 cm disebabkan kertas terjepit.

Pengujian ke-6 didapat panjang kertas 2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-7 dan ke-8 didapat panjang kertas 2,5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,5 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-9 sampai pengujian ke-13 didapat panjang kertas 2 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Hasil panjang kertas 2,7 cm didapat dari pengujian ke-14 dengan kondisi kertas sisa 0,6 cm disebabkan kertas sisa untuk pemotongan terakhir. Perolehan data Tabel 5.3 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 3 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{8 \text{ cm}}{14} = 0,6 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{53,4 \text{ cm}}{14} = 3,8 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 3 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 3,8 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,6 cm.

d. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms.

Pengujian ke-1 didapat panjang kertas 5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,4 cm disebabkan kertas sisa saat pemasangan. Pengujian ke-2 didapat panjang kertas 4,5 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-3 didapatkan panjang kertas 4,5 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-4 didapatkan panjang kertas 4,5 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak

kertas tidak stabil. Pengujian ke-5 didapatkan panjang kertas 4,5 cm dengan kondisi kertas kurang 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil.

Pengujian ke-6 didapatkan panjang kertas 5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,4 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-7 dan ke-8 didapatkan panjang kertas 4,5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Hasil panjang kertas 5 cm didapatkan pada potongan ke-9 sampai potongan ke-12 dengan kondisi kertas sisa 0,4 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-13 dan ke-14 didapatkan panjang kertas 4,5 cm dengan kondisi kertas sisa 0,1 cm disebabkan kertas miring.

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms.

No	Potongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	5	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
2	2	4,5	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
3	3	4,5	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
4	4	4	- 0,6	Potongan tidak bisa penuh
5	5	4,5	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
6	6	5	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
7	7	4,5	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
8	8	4,5	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
9	9	5	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
10	10	5	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
11	11	5	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
12	12	5	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
13	13	4,5	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
14	14	4,5	- 0,1	Potongan tidak bisa penuh
	Jumlah	= 65,5	= 3,7	Jauh dari normal

Perolehan data Tabel 4.13 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{3,7 \text{ cm}}{14} = 0,3 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{65,5 \text{ cm}}{14} = 4,7 \text{ cm}$$

Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 4 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 4,7 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,3 cm.

e. Pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 5 ms.

Pengujian ke-1 didapatkan panjang kertas 6,3 cm dengan kondisi kertas sisa 0,4 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-2 didapatkan panjang kertas 4,5 cm dengan kondisi kertas kurang 1,4 cm disebabkan gerak kertas dalam kondisi tidak stabil. Pengujian ke-3 didapatkan panjang kertas 5 cm dengan kondisi kertas kurang 0,9 cm disebabkan kertas dalam kondisi terjepit. Pengujian ke-3 didapatkan panjang kertas 5 cm dengan kondisi kertas kurang 0,9 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil.

Pengujian ke-5 didapatkan panjang kertas 6,5 cm dengan kondisi kertas lebih 0,6 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-6 dan ke-7 didapatkan panjang kertas 6 cm dengan kondisi kertas sisa 0,1 cm disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-10 dan ke 11 didapatkan panjang kertas 5,5 cm dengan kondisi kertas kurang 0,4 cm disebabkan kertas terjepit. Pengujian ke-12 dan ke-13 didapatkan panjang kertas 5,7 cm dengan kondisi kertas sisa 1,1 cm

disebabkan gerak kertas tidak stabil. Pengujian ke-14 merupakan pemotongan terakhir pada *Timer* PLC 5 ms didapatkan panjang kertas 5,7 cm dengan kondisi kertas kurang 0,2 cm disebabkan kertas terjepit.

Tabel 4.14 Hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 5 ms.

No	pemotongan Ke	Hasil (cm)	Kondisi (cm)	Keterangan
1	1	6,3	+ 0,4	Potongan tidak bisa penuh
2	2	4,5	- 1,4	Potongan tidak bisa penuh
3	3	5	- 0,9	Potongan tidak bisa penuh
4	4	6	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
5	5	6,5	+ 0,6	Potongan tidak bisa penuh
6	6	6	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
7	7	6	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
8	8	6	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
9	9	6	+ 0,1	Potongan tidak bisa penuh
10	10	5,5	- 0,4	Potongan tidak bisa penuh
11	11	5,5	- 0,4	Potongan tidak bisa penuh
12	12	7	+ 1,1	Potongan tidak bisa penuh
13	13	7	+ 1,1	Potongan tidak bisa penuh
14	14	5,7	- 0,2	Potongan tidak bisa penuh
	Jumlah	= 83	= 7	Jauh dari normal

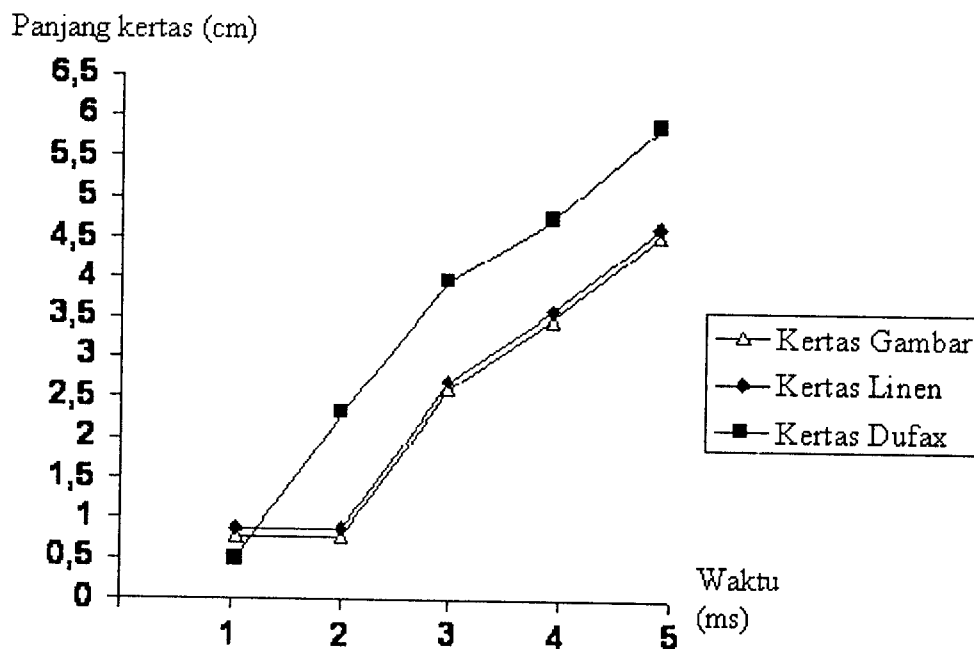
Perolehan data Tabel 4.15 hasil pengujian pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 5 ms jenis kertas gambar terdapat rata-rata *error* dan nilai rata-rata dengan perhitungan secara matematis:

$$\text{Rata-rata error} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata} - \text{rata}}{n} = \frac{7 \text{ cm}}{14} = 0,5 \text{ cm}$$

$$\text{Nilai rata-rata} = \sum_m^n \frac{\text{Hasil rata-rata}}{n} = \frac{83 \text{ cm}}{14} = 5,9 \text{ cm}$$

Hasil pemotongan kertas dengan *Timer* PLC 5 ms jenis kertas gambar didapatkan nilai rata-rata sebesar 5,9 cm dan rata-rata *error* sebesar 0,5 cm.

4.5 Hubungan antara pengaturan waktu dengan panjang kertas



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara pengaturan waktu dengan panjang kertas.

Gambar 4.4 menunjukkan panjang kertas yang diperoleh dari tiga jenis kertas, yaitu kertas Gambar, Linen, dan kertas Dufax, dengan memberikan nilai input pada *Timer* PLC (ms). Pengujian pada *Timer* waktu 1 ms didapatkan panjang kertas 0,5 cm dari jenis kertas dufax. Pengujian pada *Timer* waktu 1 ms didapatkan panjang kertas 0,6 cm jenis kertas Gambar. Pengujian pada *Timer* waktu 1 ms didapatkan panjang kertas 0,7 cm jenis kertas linen.

Pengujian pada *Timer* waktu 2 ms didapatkan panjang kertas 2,5 cm dari jenis kertas dufax. Pengujian pada *Timer* waktu 2 ms didapatkan panjang kertas 0,5 cm jenis kertas Gambar. Pengujian pada *Timer* waktu 2 ms didapatkan panjang kertas 0,6 cm jenis kertas linen.

Pengujian pada *Timer* waktu 3 ms didapatkan panjang kertas 4 cm dari jenis kertas dufax. Pengujian pada *Timer* waktu 3 ms didapatkan panjang kertas 2,6 cm

jenis kertas Gambar. Pengujian pada *Timer* waktu 3 ms didapatkan panjang kertas 2,7 cm jenis kertas linen.

Pengujian pada *Timer* waktu 4 ms didapatkan panjang kertas 4,6 cm dari jenis kertas dufax. Pengujian pada *Timer* waktu 4 ms didapatkan panjang kertas 3,6 cm jenis kertas Gambar. Pengujian pada *Timer* waktu 4 ms didapatkan panjang kertas 3,7 cm jenis kertas linen.

Pengujian pada *Timer* waktu 5 ms didapatkan panjang kertas 6,2 cm dari jenis kertas dufax. Pengujian pada *Timer* waktu 5 ms didapatkan panjang kertas 4,6 cm jenis kertas Gambar. Pengujian pada *Timer* waktu 5 ms didapatkan panjang kertas 4,7 cm jenis kertas linen.

Tabel 4.15 Hasil pengujian setingan waktu dengan panjang kertas.

Potongan ke	Panjang kertas		
	Dufax (cm)	Gambar (cm)	Linen (cm)
1	0,5	0,6	0,7
2	2,5	0,5	0,6
3	4	2,6	2,7
4	4,6	3,6	3,7
5	6,2	4,6	4,7

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan hasil analisa maka dalam pembuatan alat ini dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Peralatan dapat berjalan dengan baik walaupun masih perlu penyempurnaan.
2. Alat pemotongan ini dapat digunakan untuk pemotongan kertas dengan ukuran kertas A4 dengan panjang kertas 29,7 cm, ukuran kartu nama dengan panjang kertas 9,5 cm dan ukuran dari pengaturan *Timer* PLC 1 ms sampai 5 ms.
3. Hasil dari pengujian pemotongan panjang kertas dengan ukuran A4, ukuran kartu nama dan ukuran dari pengaturan *Timer* PLC 1 ms sampai 5 ms diperoleh *error* sebagai berikut:
 - a) *Error* untuk panjang kertas A4 jenis kertas gambar sebesar 2 cm.
 - b) *Error* untuk ukuran kartu nama dengan jenis kertas gambar sebesar 0,05 cm.
 - c) *Error* untuk ukuran kartu nama dengan jenis kertas linen sebesar 0,53 cm.
 - d) *Error* untuk pengaturan *Timer* PLC 1 ms sebesar 0,1 cm.
 - e) *Error* untuk pengaturan *Timer* PLC 2 ms sebesar 0,2 cm.
 - f) *Error* untuk pengaturan *Timer* PLC 3 ms sebesar 0,05 cm.

- g) *Error* untuk setingan *Timer* PLC 4 ms sebesar 0,084 cm
 - h) *Error* untuk setingan *Timer* PLC sebesar 0,08 cm.
4. Hasil pemotongan kertas gambar dan kertas linen lebih baik dari kertas dufax.
 5. *Error* pada pengujian disebabkan gerak kertas tidak stabil dikarenakan sistem mekanik.
 6. Jenis kertas yang digunakan untuk pengujian berpengaruh pada proses pemotongan.

5.2 **Saran**

1. Dalam penggunaan *Limit Switch* harus diperhatikan apakah posisi objek bisa menyentuh *Limit Switch* atau tidak, jangan sampai objek terlalu jauh sehingga sulit untuk menyentuh *Limit Switch*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Budiyanto, M., dan Wijaya, A. 2003. *Pengenalan dasar-dasar PLC*, Gava Media, Yogyakarta.
2. Yulianto, Anang. 2006. *Panduan Praktis Belajar PLC*. PT.Elex Media Komputindo, Jakarta.
3. ____, Modul pelatihan PLC. 2006. PT.DJARUM, Kudus.
4. ____, Modul pelatihan PLC. 2005 Lab Elektro-UII. Yogyakarta.
5. ____, Modul pelatihan PLC *Siemens S7-200*. 2004, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri-UII, Yogyakarta.

Lampiran 1 ladder diagram

Diagram *Ladder* Ukuran Umum (A4)

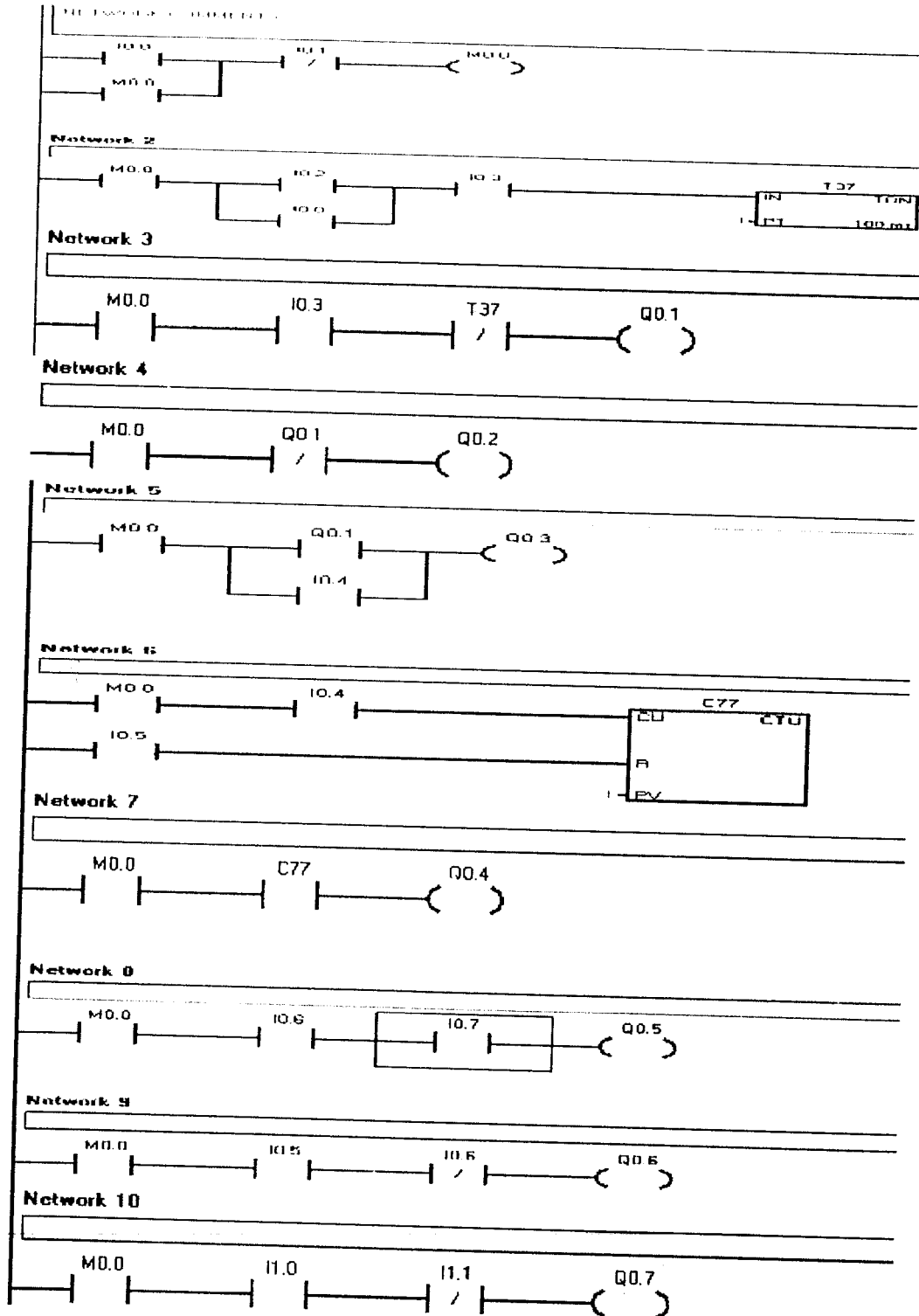


Diagram ladder ukuran umum (Folio)

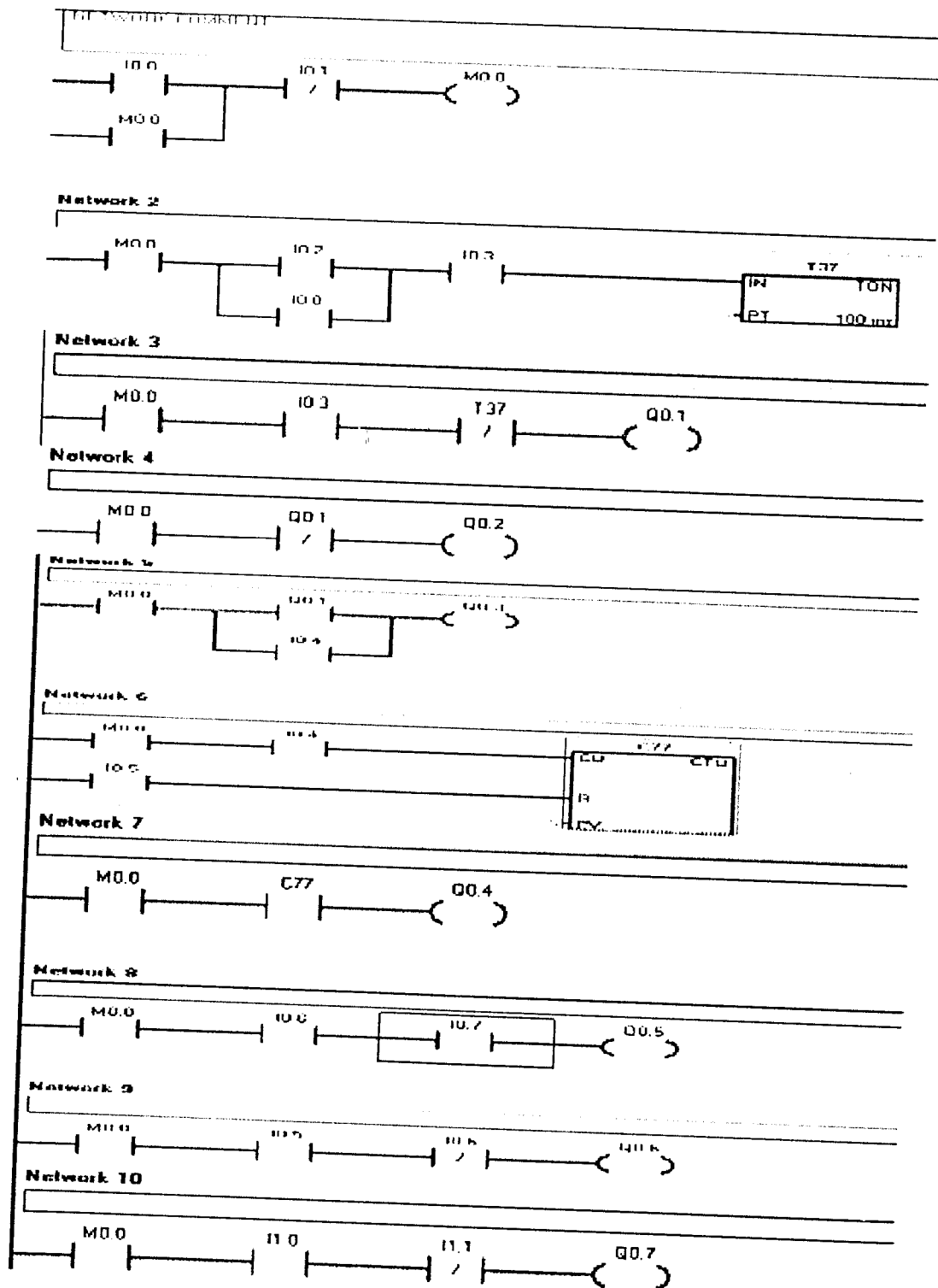
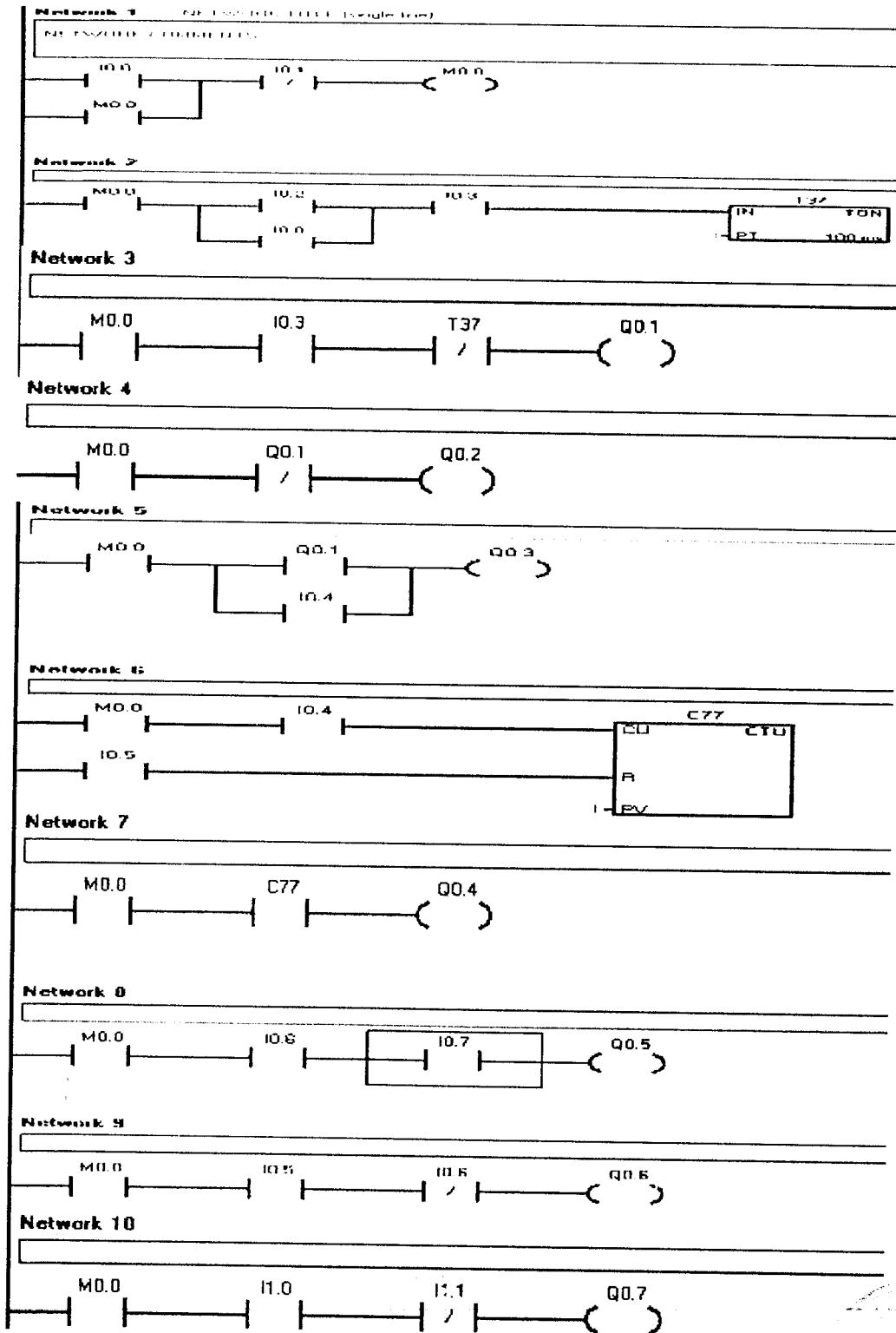
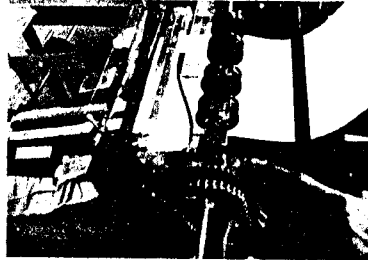


Diagram ladder ukuran khusus (Stiker)

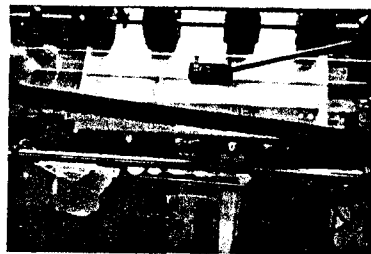


Lampiran 2 Gambar alat

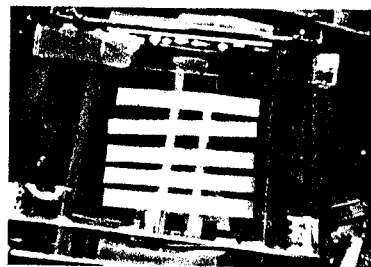
Gambar ke-1 proses berlangsungnya pemotongan dari awal sampai kertas potong dihasilkan (jenis kertas gambar).



Tombol warna hijau berfungsi untuk start atau dimulainya awal proses pemotongan dan tombol warna merah berfungsi untuk tombol stop atau tombol darurat untuk menghentikan sistem bila terjadi kesalahan.



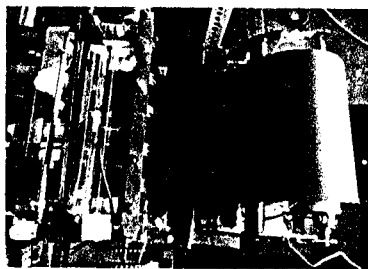
Gambar ke-2 posisi sensor mendeteksi



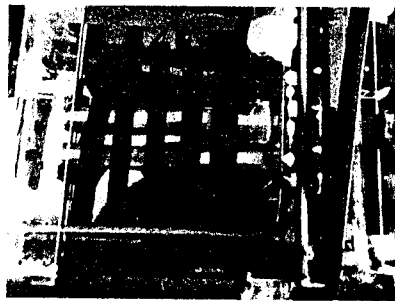
Gambar ke-3 hasil pemotongan digeser oleh *conveyor*.



Gambar ke-4 *conveyor* pengangkut kertas dari pemotongan perlembar.

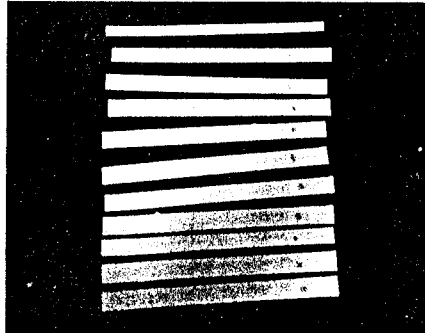


Gambar ke-5 pemasangan kertas linen hitam pada pengujian alat.

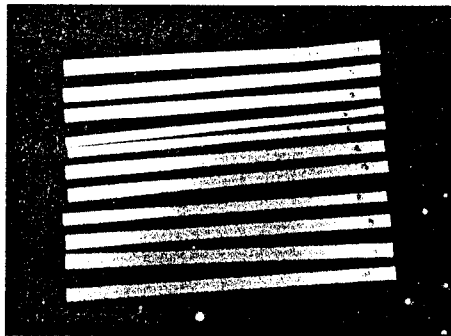


Gambar ke-6 hasil pemotongan kertas linen hitam.

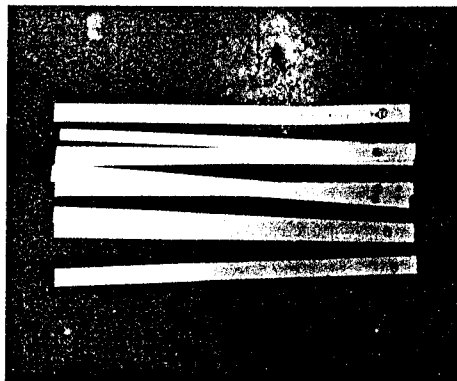
Lampiran 3 hasil pemotongan



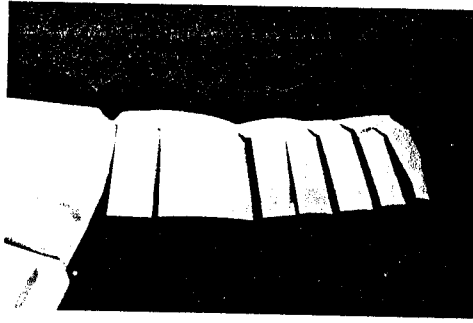
Gambar ke-7 hasil pemotongan jenis kertas gambar dengan *Timer* 3 ms.



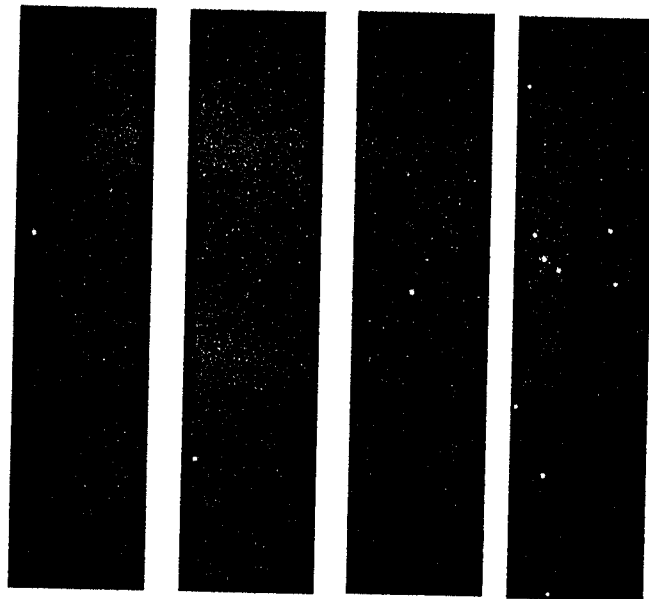
Gambar ke-8 hasil pemotongan jenis kertas gambar dengan *Timer* 2 ms.



Gambar ke-9 hasil pemotongan jenis kertas gambar dengan *Timer* 4 ms.



Gambar ke-10 hasil potongan jenis kertas dufax.

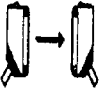


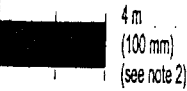

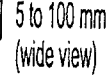



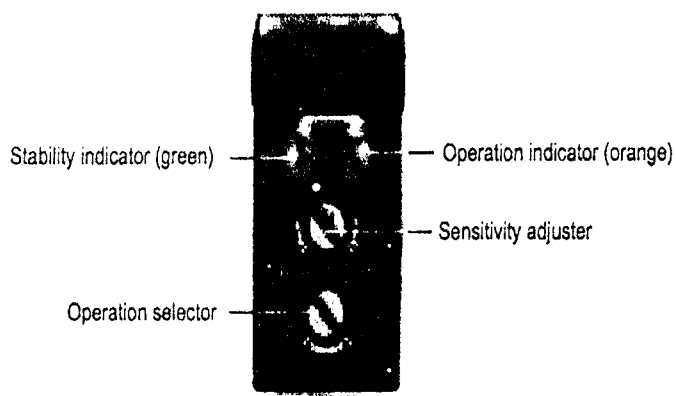
Gambar ke-11 hasil potongan jenis kertas linen hitam.

Lampiran 4 konstruksi dan jenis sensor

Contoh model E3Z

■ Red light □ Infrared light

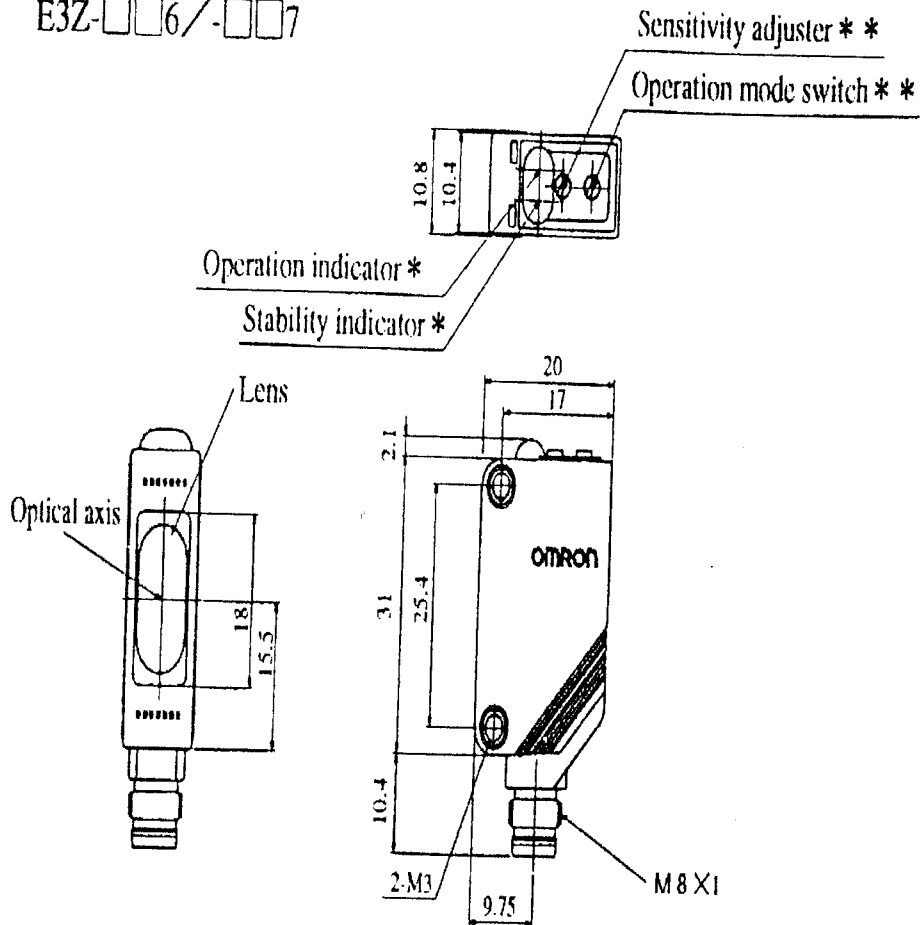
Sensing method	Appearance	Connection method	Sensing distance	Model	
				NPN output	PNP output
Through-beam		Pre-wired (see note 3)		E3Z-T61	E3Z-T81
		Connector		E3Z-T66	E3Z-T86
Retroreflective (with MSR function)		Pre-wired (see note 3)		E3Z-R61	E3Z-R81
		Connector		E3Z-R66	E3Z-R86
Diffuse-reflective		Pre-wired (see note 3)		E3Z-D61	E3Z-D81
		Connector		E3Z-D66	E3Z-D86
		Pre-wired (see note 3)		E3Z-D62	E3Z-D82
		Connector		E3Z-D67	E3Z-D87



Tampak dari depan

Konstruksi dimensi sensor E3Z -D62 Photoelectric Switch voltase 12 -24V dc

E3Z-□□6/-□□7

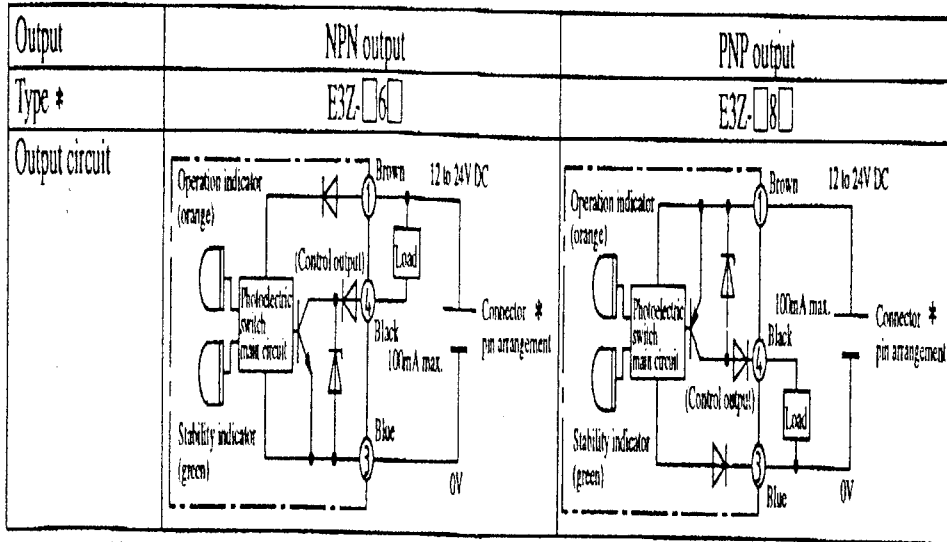


- * Only power indicator is on a light source of Separate type.
- ** The form differs because a light source of Separate type does not have it.

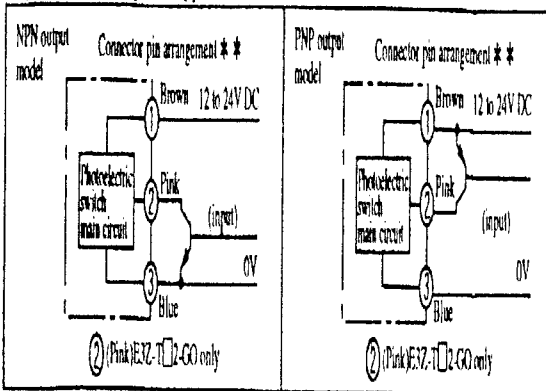
Rating performance

Detection system		Separate type			Retroreflective type	Diffuse reflection type	
Function		Infrared beam type		Red beam type			
Type	NPN	E3Z-T61/-T66	E3Z-T62/-T67	E3Z-T61A/-T66A	E3Z-R61/-R66	E3Z-D61/-D66	E3Z-D62/-D67
	PNP	E3Z-T81/-T86	E3Z-T82/-T87	E3Z-T81A/-T86A	E3Z-R81/-R86	E3Z-D81/-D86	E3Z-D82/-D87
* Detecting distance		15m	30m	10m	0.1 to 4m (with E39-R1S) 0.1 to 3m (with E39-R1)	0.1m (white mat paper 100X100mm)	1m (white mat paper 300X300mm)
Operating angle		Light source/Receiver: 3 to 15°			2 to 10°	-	
Light source (luminescence wavelength)		Infrared LED (870nm)		Red LED (660nm)	Infrared LED (860nm)		
Supply voltage		12 to 24V DC ± 10% (Ripple (p-p) 10% max.)					
Current consumption		Light source: 15mA max. Receiver: 20mA max.			30mA max.		
Control output		Load supply voltage : 26.4V DC max. Load current : 100mA max. Open collector output (NPN/PNP output, changing with forms) Light-ON/Dark-ON switch selectable					
Residual voltage		1V or less : Load current less than 10mA. 2V or less : Load current less than 10 to 100mA.					
Response time		1ms max.	2ms max.	1ms max.			
Emission stop function type (E3Z-T□□ -G0 only)	input	(NPN output model) Emission stop : Connection to 0 to 1.5V DC (source current 0.1mA or less) Normal emission : Open (Leak current 0.1mA or less) (PNP output model) Emission stop : Connection to Vs (supplied voltage) to Vs- 1.5V DC (sink current 3mA or less) Normal emission : Open/Leak current 0.1mA or less					
	Response time	0.5ms or less					
Ambient temperature		Operating : -25 to +55°C. Storage : -40 to +70°C (no freezing and condensation)					
Ambient humidity		Operating : 35 to 85%RH. Storage : 35 to 95%RH (no freezing and condensation)					
Protection structure		IEC60529 : IP67					
Materials	Case	Polybutylene Terephthalate resin (PBT)					
	Display	Denatured polyallylate					
	Lens	Denatured polyallylate			Methacrylate resin (PMMA)	Denatured polyallylate	

Output circuit diagram

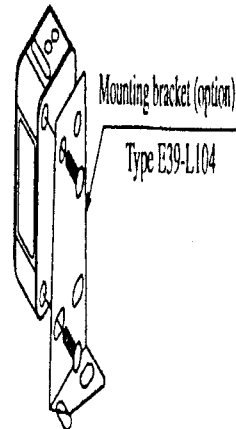


Light source of Separate type



MOUNTING

Use tightening torque
0.5N·m max.



CONNECTOR PIN ARRANGEMENT (TYPE E3Z-□6□-□8□-M1J, E3Z-□6□-□8□-M3J, E3Z-□6□-□8□-M3J, E3Z-□6□-□8□-M3J, E3Z-□6□-□8□-M3J, E3Z-□6□-□8□-ECON)

