



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KONSUMSI ENERGI PADA PROSES INJECTION MOULDING UNTUK
EFISIENSI ENERGI**

SKRIPSI

**MAMAN ABDUROKHMAN
0706163533**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KONSUMSI ENERGI PADA PROSES INJECTION MOULDING UNTUK
EFISIENSI ENERGI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**MAMAN ABDUROKHMAN
0706163533**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

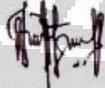
ANALISIS KONSUMSI ENERGI PADA PROSES INJECTION MOULDING UNTUK EFISIENSI ENERGI

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Nama : Maman Abdurokhman

NPM : 0706163533

Tanda Tangan :



Tanggal : 17 Jan 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Maman Abdurokhman
NPM : 0706163533
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Konsumsi Energi pada Proses *Injection Moulding* untuk Efisiensi Energi.

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Bambang P. Prianto MIKomp. (.....),
Penguji I : Dr. Ir. Danardono AS. (.....)
Penguji II : Dr. Ir. Warjito, MEng. (.....)
Penguji III : Ir. Henky S. Nugroho, MT. (.....)

Ditetapkan di : Depok (Universitas Indonesia)

Tanggal : 17 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkat, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu mata kuliah wajib yang harus diambil oleh tiap mahasiswa, khususnya di Departemen Teknik Mesin sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama kegiatan penulisan skripsi ini. Terima kasih penulis tujukan kepada:

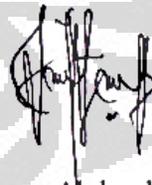
1. Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan, pertolongan, serta berbagai macam kemudahan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Orang tua dan keluarga yang menjadi sumber inspirasi dan motivasi, yang selalu memberikan doa dan dukungan positif.
3. Ir. Bambang P Prianto M.IKOM, selaku Pembimbing skripsi yang telah memberikan inspirasi dan ide-ide yang segar serta atas segala kebaikan, waktu, tenaga dan kesabaran dalam mengarahkan dan memberikan bimbingan selama penulisan ini.
4. M. Idrus Alhamid, selaku Pembimbing Akademis atas segala kebaikan, dukungan dan bimbingan untuk menyelesaikan gelar kesarjanaan ini.
5. Seluruh Dewan Penguji Skripsi ini, Dr. Ir. Danardono AS, Dr. Ir. Budihardjo, Dipl. Ing, dan Ir. Henky S. Nugraha, MT yang berkenan memberikan segala masukan dan sarannya.
6. Dosen-Dosen Teknik Mesin, Prof Ral, yang terus menerus memberikan pencerahan dan semangat. Pak Iman yang selalu memberikan motivasi untuk berkembang, Pak Doni, Prof Yul, Pak Nasrudin, Pak Gandjar, Pak Har dan seluruh dosen-dosen lainnya.
7. Pak Bangsugi, Dekan Fakultas Teknik yang telah memberikan pelajaran hidup yang berharga selama menjadi mahasiswa Fakultas Teknik.
8. Dr. Cholid, Pembimbing sekaligus pengarah terhadap personal penulis, atas bimbingannya terkait injection Moulding dan Polimer. Faiz Husnayain, ST untuk diskusi tentang kelistrikannya.

9. Bapak M. Jessar, selaku pembimbing harian kerja praktik dan pengambilan data skripsi, atas ilmu yang diberikan, waktu yang diluangkan, dan segala hal yang dikontribusikan serta seluruh staff PT. Mitraindo Selaras Industri, khususnya Bapak Zainal yang telah memberikan kesempatan melaksanakan penelitian di PT. Mitraindo Selaras Industri.
10. Keluarga Besar Dhersane Eksmud, Resky, Shoim, Fathur dan teman-teman Makara Cirebon dan Pasiad Indonesia.
11. Keluarga IMM FTUI 2009, Keluarga Cerdik BEM FTUI 2010, Keluarga Semesta serta Keluarga BEM UI 2011 Together in Excellence, “karena kebersamaan adalah inti dari kesempurnaan”.
12. Pihak Sampoerna Foundation, Beasiswa Aktivist, ILUNI, serta berbagai pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil.
13. Seluruh keluarga besar Civitas Akademika Fakultas Teknik Universitas Indonesia, khususnya karyawan sekretariat Departemen Teknik Mesin, yang telah banyak memberikan bantuan.

Akhir Kata semoga Allah berkenan membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

Depok, 30 Desember 2011

Penulis,



Maman Abdurokhman

NPM. 0706163533

ABSTRAK

Nama : Maman Abdurokhman

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : **Analisis Konsumsi Energi pada Proses *Injection Moulding* untuk Efisiensi Energi.**

Krisis energi dan perubahan iklim global mendorong upaya pelestarian sumber daya energi dalam negeri serta peningkatan efisiensi energi dalam pemanfaatannya pada industri, terlebih sebagian besar energi digunakan disektor ini. Penerapan sistem manajemen energi pada industri menjadi sebuah kebutuhan mendasar bersamaan dengan berlakunya PP No.70 tahun 2009 serta standar EN 16001 atau ISO 50001. Pada Industri Plastic Injection Moulding dilakukan analisa konsumsi energi dimana dari sekian banyak mesin yang dioperasikan, konsumsi energi terbesar digunakan oleh mesin injeksi yang terdistribusi ke enam aspek (motor listrik untuk mesin hidrolik, heater, water cooling, compressor, auxiliary equipment, light) dengan prosentase terbesar konsumsi energi pada motor listrik.

Kata Kunci : Sistem Manajemen Energi, Konsumsi Energi, Industri Plastic Injection Moulding, Motor Listrik, Efisiensi Energi.

ABSTRACT

Name : Maman Abdurokhman
Study Programe : Mechanical Engineering
Title : **Analysis of Energy Consumption at The Injection Moulding Process for Energy Efficiency.**

Energy crisis and global climate change encourage the preservation of domestic energy resources and increasing energy efficiency in their utilization in industry, especially most of the energy used in this sector. The implementation of energy management systems in industry become a fundamental requirement simultaneously with the enactment PP No. 70 in 2009 and EN 16001 or ISO 50001 standard. At Industrial Plastic Injection Moulding conducted an analysis of energy consumption which of the many machines that are operated, the largest energy consumption is used by injection engine are distributed to the six aspects (electric motors for hydraulic machines, heater, water cooling, compressor, auxiliary equipment, light) with the largest percentage of energy consumption on electric motors.

Key Words : Energy Management System, Energy Consumption , Plastic Injection Moulding Industry, Electric Motor, Energy Efficiency.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Maman Abdurokhman
NPM : 0706163533
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

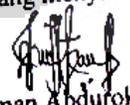
**ANALISIS KONSUMSI ENERGI PADA PROSES INJECTION MOULDING UNTUK
EFISIENSI ENERGI**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok (Universitas Indonesia)
Pada tanggal : Januari 2012

Yang menyatakan


(Maman Abdurokhman)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DEWAN PENGUJI	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN PENULISAN	4
1.4 PEMBATAAN MASALAH	5
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	6
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	7
BAB 2 DASAR TEORI	9
2.1 Mesin Injection Moulding	9
2.2.1 Proses Injection Moulding	9
2.1.2 Bagian-Bagian Utama Mesin Injection Moulding	10
2.1.3 Siklus Proses Injection Moulding	13
2.1.3.a Injection or Filling Stage	15
2.1.3.b Cooling or Freezing Stage	15
2.1.3.c Ejection and Resetting Stage	15
2.1.4 Molding Cycle Time	16
2.1.4.a Injection Time	16
2.1.4.b Cooling Time	18
2.2 Injection Moulding Material	19
2.3 Pendahuluan Tentang Sistem Manajemen Energi	22
2.3.1 Manajemen Energi dan Sistem Manajemen Energi	22
2.3.2 Petunjuk dan Langkah-Langkah Mengadakan Sistem Manajemen Energi	24

2.3.3	Sistem Manajemen Energi dalam Tinjauan PP No. 70 Tahun 2009 dan ISO 50001: 2011	27
2.4	Rekomendasi Penambahan Alat Penghemat Energi	29
BAB 3	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	31
3.1	Data Komposisi dan Spesifikasi Mesin.....	31
3.1.1	Spesifikasi Mesin Secara Umum	31
3.1.2	Spesifikasi Mein Boy 50 T2	34
3.1.3	Spesifikasi Mesin Toshiba IS-80 CNII dan Toshiba IS-125 CNII .	36
3.2	Material Produksi Industri Plastic Injection Moulding	38
3.3	Konsumsi Energi Mesin Injeksi.....	44
BAB 4	ANALISA DATA	50
4.1	Perbandingan Konsumsi Energi Setiap Mesin	50
4.2	Perbandingan Waktu Proses dan Temperatur pada Tiga Mesin Utama	68
4.2.1	Perhitungan pada Injection Time	68
4.2.2	Perhitungan pada Cooling Time	69
4.2.3	Perbandingan Temperatur Ejection.....	71
4.2.4	Rekomendasi Penghematan Energi.....	72
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1	KESIMPULAN	76
5.2	SARAN	77
DAFTAR PUSTAKA	79

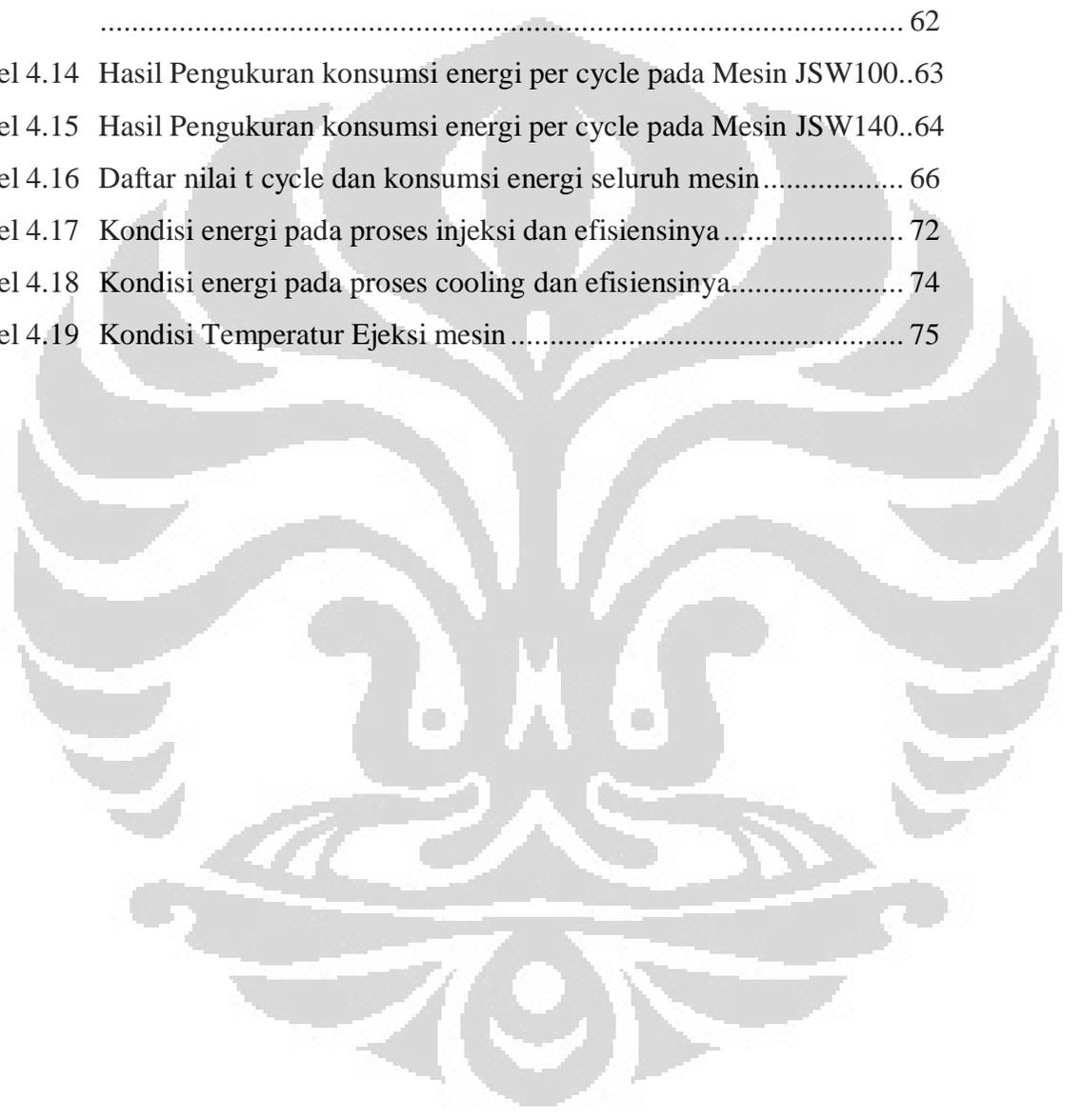
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Konsumsi Energi di Dunia.....	2
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian	7
Gambar 2.1	Bagian Mesin Injection Moulding.....	10
Gambar 2.2	Bagian Detail Mesin Injection Moulding	11
Gambar 2.3	Tipe Clamping Unit (a) Toggle Clamp; (b) Hidrolik Clamp	12
Gambar 2.4	Skema Mesin Injeksi	13
Gambar 2.5	Siklus Injection Moulding.....	14
Gambar 2.6	Injection Moulding Sistem.....	16
Gambar 2.7	Material Serbuk Plastik.....	21
Gambar 2.8	Aspek terpenting dari sistem manajemen energi.....	23
Gambar 2.9	Siklus PDCA pada sistem manajemen energi.....	25
Gambar 2.10	Contoh energi flow pada industri	26
Gambar 2.11	Sistem Manajemen Energi dalam tinjauan ISO 50001:2011	27
Gambar 3.1	Suasana Plastik Injection Hall Industri Plastik	31
Gambar 3.2	Alur Proses Produksi di Industri Plastik Injection Moulding	32
Gambar 3.3	Ilustrasi distribusi energi padaa industri injection moulding	45
Gambar 3.4	Distribusi Energi pada Mesin Injection Moulding	46
Gambar 3.5	Alur Proses Injeksi	47
Gambar 4.1	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Tien-Fa 1140 ..	51
Gambar 4.2	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Nissei160	52
Gambar 4.3	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Nissei 260	53
Gambar 4.4	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Meiki 150.....	54
Gambar 4.5	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Nigata 300.....	55
Gambar 4.6	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Nigata 200.....	56
Gambar 4.7	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin JSW 120.....	57
Gambar 4.8	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Toshiba 130....	58
Gambar 4.9	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Toshiba 80.....	59
Gambar 4.10	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Boy 50.....	60
Gambar 4.11	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Boy 22.....	61
Gambar 4.12	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Toshiba 125a ..	62
Gambar 4.13	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin Toshiba 125b..	63
Gambar 4.14	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin JSW 100.....	64
Gambar 4.15	Grafik konsumsi energi tiap proses pada mesin JSW 140.....	65
Gambar 4.16	Grafik Perbandingan waktu per cycle dan konsumsi energi setiap mesin	67
Gambar 4.17	Grafik Energi Injeksi dn Potensi Efisiensi.....	73
Gambar 4.18	Grafik Energi Cooling dan Potensi Efisiensi	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Daftar Mesin Penunjang pada Industri Plastik Injection	31
Tabel 3.2	Spesifikasi Mesin Injeksi Plastik di Industri Plastic Injection Moulding	33
Tabel 3.3	Spesifikasi Mesin Boy 50 T2.....	34
Tabel 3.4	Spesifikasi Mesin Toshiba IS 125 CNII.....	36
Tabel 3.5	Spesifikasi Mesin Toshiba IS 80 CNII.....	37
Tabel 3.6	Daftar Material Industri.....	39
Tabel 3.7	Daftar Polimer yang biasa digunakan pada injection moulding	42
Tabel 3.8	Data Proses Seleksi Material	43
Tabel 3.9	Catatan Kebutuhan dan Pemakaian Listrik.....	44
Tabel 3.10	Konsumsi Energi pada Mesin Injeksi.....	46
Tabel 3.11	Data Hasil Pengukuran Arus Listrik dan Waktu Proses.....	48
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Tien-Fa 1140	50
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Nissei 160	51
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Nissei 260	52
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Meiki 150	53
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Nigata 300	54
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Nigata 200	55
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin JSW 120.56	57
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Toshiba 130	57
Tabel 4.9	Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Toshiba 80	58

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Boy 50 ..	59
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Boy 22 ..	60
Tabel 4.12 Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Toshiba 125a	61
Tabel 4.13 Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin Toshiba 125b	62
Tabel 4.14 Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin JSW100..	63
Tabel 4.15 Hasil Pengukuran konsumsi energi per cycle pada Mesin JSW140..	64
Tabel 4.16 Daftar nilai t cycle dan konsumsi energi seluruh mesin.....	66
Tabel 4.17 Kondisi energi pada proses injeksi dan efisiensinya.....	72
Tabel 4.18 Kondisi energi pada proses cooling dan efisiensinya.....	74
Tabel 4.19 Kondisi Temperatur Ejeksi mesin	75



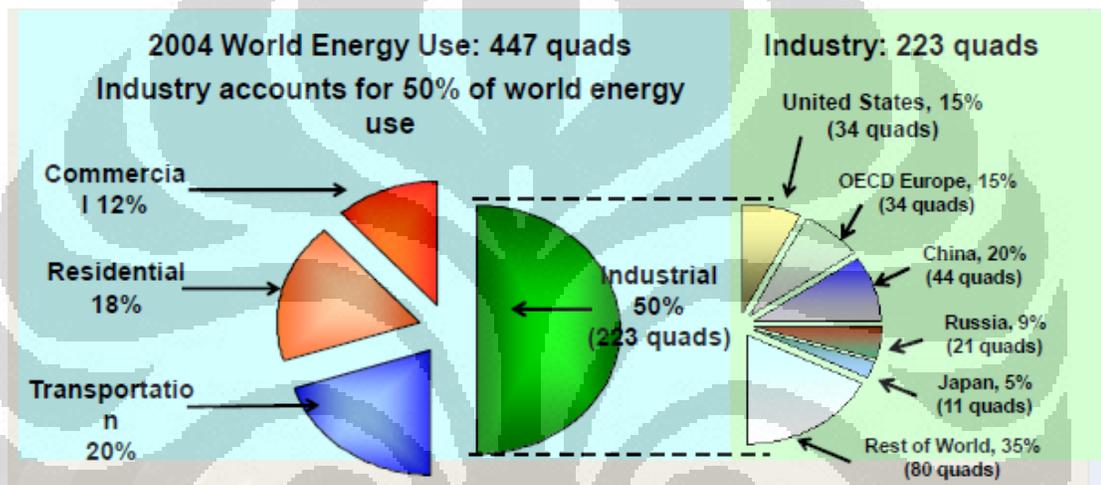
BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perubahan iklim global serta krisis energi bagi kelangsungan hidup manusia merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh hampir seluruh negara di dunia ini tidak terkecuali Indonesia. Kelangkaan sumber daya energi dan cadangan sumber daya yang semakin terbatas membuat hampir seluruh dunia menjadikan permasalahan energi menjadi problem besar yang perlu ditangani secara serius. Melalui laporan rutin yang dikeluarkan oleh International Energi Agency (IEA) pada tahun 2004, diperkirakan peningkatan konsumsi energi ini akan terus terjadi dengan kenaikan rata-rata hingga 1,6 % setiap tahunnya. Sementara itu sebuah laporan yang diterbitkan oleh perusahaan minyak BP pada tahun 2005 tentang konsumsi energi di seluruh dunia disebutkan bahwa peningkatan konsumsi energi antara tahun 2003 dan 2004 saja mencapai 4.3%. Di Indonesia sendiri krisis energi telah menjadi perhatian serius banyak pihak, termasuk dalam hal ini Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang terus mendorong adanya usaha penghematan dan efisiensi energi hingga diterbitkannya Peraturan Pemerintah No. 70 tahun 2009 tentang Konservasi Energi.

Kondisi ini berhubungan dengan tingkat konsumsi energi dimana konsumsi energi dunia didominasi oleh sektor industri yang dimotori oleh negara-negara industri besar seperti Amerika, Cina, Rusia dan Jepang. Sebagai contoh Amerika Serikat yang merupakan konsumen terbesar energi dunia yang mencapai setara 2.331,6 juta ton minyak atau sekitar 22,8 % dari total konsumsi energi dunia. Cina yang merupakan negara dengan pertumbuhannya sangat pesat dan memiliki jumlah penduduk terbesar di dunia menjadi konsumen energi kedua terbesar dengan konsumsi sebesar setara 1.386,2 juta ton minyak atau sekitar 13,6 % dari total konsumsi energi dunia. Hal serupa terjadi di Indonesia dimana pengguna energi

terbesar adalah sektor industri. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, konsumsi energi untuk sektor industri mengalami kenaikan yang cukup pesat dengan 39,6 % pada 1990 menjadi 51,86 % pada 2009 dari total konsumsi energi nasional. Pengguna terbesar berikutnya adalah sektor transportasi dengan 30,77 %, diikuti dengan sektor rumah tangga sebesar 13,08 % dan sektor komersial sebanyak 4,28 persen.



Gambar 1.1 Konsumsi Energi di Dunia

(Sumber : IEA/*International Energi Outlook 2007*)

Kenaikan konsumsi energi pada sektor industri ternyata berbanding lurus dengan kenaikan emisi, karbon, dan polutan lainnya yang turut menyumbang pada perubahan iklim global. Pemanasan global sudah berada pada ambang yang mengkhawatirkan sehingga perlu adanya langkah konkret untuk mencegah serta menguranginya. Gas rumah kaca yang menyebabkan efek rumah kaca banyak dihasilkan dari limbah industri.

Selain karena krisis energi, disertai adanya kebutuhan untuk mengurangi pemanasan global yang diakibatkan oleh penggunaan energi yang tidak efisien maka diperlukan sebuah upaya sistem manajemen energi yang dapat diterapkan pada industri. Hal ini cukup signifikan terlebih karena sektor industri menghabiskan lebih

dari separuh konsumsi energi dalam negeri. Sementara energi dalam negeri yang tersedia sangat terbatas, sebagai contoh Saat ini daya yang dapat dipasok oleh PLN adalah 25.000 MW untuk seluruh Indonesia sedang kebutuhan listrik nasional hampir mencapai 55.000 MW dan sekitar lebih dari separuhnya dikonsumsi oleh sektor industri. Daya yang sangat terbatas dibandingkan dengan kebutuhan listrik itu sendiri.

Konsumsi energi industri yang dianalisa berkaitan dengan konsumsi energi pada proses injection moulding yang membutuhkan energi yang cukup besar pada mesin produksinya. Injection Molding sendiri merupakan salah satu teknik pada industri manufaktur untuk mencetak material dari bahan thermoplastik. Injection Molding merupakan metode proses produksi yang cenderung digunakan dalam menghasilkan atau memproses komponen-komponen plastik dan berbentuk rumit, dimana biayanya lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan metode-metode lain yang biasa digunakan. Proses ini terdiri dari bahan termoplastik yang dihaluskan kemudian dipanaskan sampai mencair, kemudian lelehan plastik disuntikan ke dalam cetakan baja, kemudian plastik tersebut akan mendingin dan memadat.

Industri injection moulding menggunakan sumber energi yang berasal dari energi listrik yang berasal dari PLN dan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama dan berpotensi terjadi ketidak efisienan mesin produksi. Karena itu diperlukan sistem yang mendorong efektivitas mesin produksi yang menggunakan sistem hydraulic sebagai penggerak utamanya. Konsumsi energi pada sistem hydraulic cukup besar dan memiliki potensi yang cukup besar pula untuk dilakukan upaya efisiensi energi pada sistem tersebut yang dapat tercapai berkisar 30 s/d 70 % bergantung kepada sistem itu sendiri. Terlebih di Indonesia sendiri saat ini terdapat sekitar 100.000 unit plastik injection moulding dan memiliki prospek yang cukup besar untuk dilakukan penghematan energi.

Dalam penelitian ini, dikaji performa yang optimal dari proses produksi mesin injection moulding dimana konsumsi energi yang digunakan dapat mencapai

efisiensi energi. Sistem manajemen energi yang diterapkan dapat membantu perusahaan dalam melakukan usaha menekan konsumsi energi dan menerapkan perilaku yang tepat pada mesin produksi terutama pada bagian motor hydraulic yang merupakan komponen yang paling banyak mengkonsumsi energi.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Pada penelitian kali ini, akan coba dirancang sebuah sistem yang bertujuan untuk menghasilkan efisiensi energi pada mesin injection moulding. Bagaimana agar penerapan Sistem manajemen energi yang merupakan turunan dari PP No. 70 Tahun 2009 dan ISO 50001 atau EN 16001 pada industri dalam negeri. Objek penelitian merupakan salah satu industri plastik injection moulding yang dijadikan pilot project guna melakukan perhitungan konsumsi energi pada industri. Mesin injection moulding menjadi komponen yang paling banyak mengkonsumsi energi, karena itu diperlukan mekanisme perhitungannya dan didapatkan analisa yang mampu mendorong terjadinya efisiensi konsumsi energi pada industri plastik injection moulding tersebut.

1.3 TUJUAN PENULISAN

Penulisan skripsi ini memiliki tujuan :

- a. Menganalisa konsumsi energi pada industri injection moulding, khususnya konsumsi energi pada mesin produksinya meliputi :
 - Konsumsi energi pada motor elektrik untuk mesin hidraulic yang biasanya meliputi proses mold close, inject, holding, cooling, charging serta eject, dan perlakuan material berdasarkan temperatur yang dibutuhkan baik secara perhitungan literatur maupun perhitungan secara faktual.

- Optimasi efisiensi konsumsi energi pada motor dan perlakuan material berdasarkan temperatur.
- b. Membuat rekomendasi sistem manajemen energi yang dapat diterapkan di industri plastik injection moulding.

1.4 PEMBATASAN MASALAH

Hal yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah kondisi konsumsi energi pada industri injection moulding khususnya pada sebuah industri plastic injection moulding dimana konsumsi energi utamanya digunakan pada mesin produksinya maka masalah hanya akan difokuskan pada analisa konsumsi energi pada mesin injection moulding, meliputi aktivitas mesin pada motor untuk mesin hidroliknya yang meliputi mold close, inject, holding, cooling, charging serta eject dan perlakuan material berdasarkan temperature serta kemungkinan penambahan auxiliary utility untuk mencapai kondisi yang efisien dengan asumsi dan batasan sebagai berikut :energi

- a. Mesin injection moulding yang dianalisa adalah mesin injection moulding yang terdapat pada sebuah industri injection moulding pada saat melakukan proses produksi
- b. Mesin injection Moulding yang coba dianalisa secara lebih mendalam adalah jenis mesin Toshiba IS-125 CNII, Toshiba IS-80 CNII, serta Boy 50 T2.
- c. Kondisi mesin memiliki umur dan spesifikasi yang berbeda.
- d. Proses produksi yang dianalisa di motor mesin hidraulicnya meliputi arus listrik dan cycle time untuk satu jenis produksi pada mold close, inject, holding, cooling, charging dan eject.
- e. Perlakuan material terhadap temperatur adalah material yang diproduksi pada jenis mesin diatas, seperti Acrylenitrile Butadin Styrene (ABS) Arbelac 750 White 7057.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses pengumpulan informasi yang berkaitan dengan materi bahasan yang berasal dari buku-buku dan jurnal.

b. Penentuan Industri sebagai Pilot Project Penelitian

Penentuan industri yang akan dijadikan tempat penelitian, dalam hal ini dipilih PT. Mitraindo Selaras Industri untuk melakukan proses penghitungan konsumsi energi dan keterkaitannya dengan sistem manajemen energi pada industri tersebut.

c. Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan pada industri injection moulding meliputi arus listrik sebagai sumber energi utama yang dialirkan pada mesin terutama pada saat motor beroperasi, cycle time yang dibutuhkan untuk satu kali proses produksi dan material serta temperature yang dibutuhkan pada saat dilakukan proses injeksi.

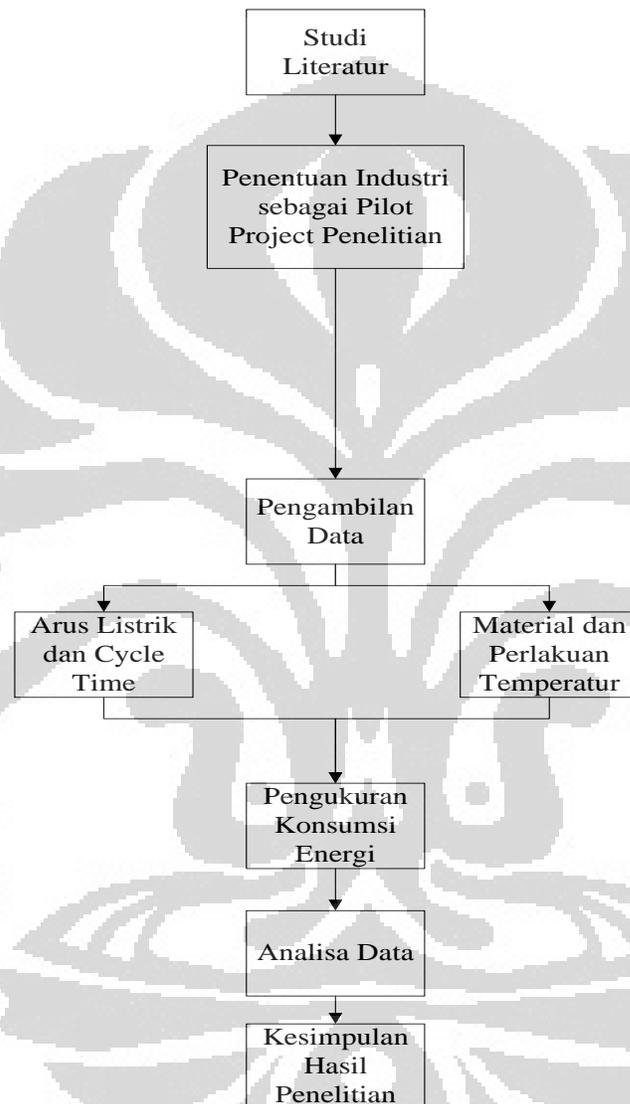
d. Pengukuran Konsumsi Energi

Dari data yang diperoleh dicari persamaan yang sesuai untuk mengukur konsumsi energi pada setiap proses yang terjadi pada motor dan temperatur material guna didapat perbandingan kondisi mesin, spesifikasi dan material dari perhitungan secara literatur dengan perhitungan faktual di industri tersebut.

e. Analisa dan Kesimpulan Hasil Penelitian

Dari data arus, cycle time, temperature, jenis material, serta spesifikasi mesin produksi yang didapat kemudian diolah untuk mendapatkan nilai konsumsi energi serta dianalisa dengan menggunakan grafik yang diperoleh untuk tiap kondisi pada masing-masing mesin injection moulding. Dari

analisa tersebut akan diperoleh kesimpulan terhadap proses pengukuran konsumsi energi dan analisa terhadap efisiensi energi yang dapat diterapkan pada industri tersebut melalui sistem manajemen energi.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi penelitian

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Agar laporan tugas akhir ini memiliki struktur yang baik dan tujuan penulisan dapat tercapai dengan baik, maka penulisan tugas akhir ini akan mengikuti sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bagian ini berisi tentang latar belakang yang melandasi penulisan skripsi, perumusan masalah, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan teori-teori yang mendasari penelitian ini. Dasar teori meliputi: dasar teori tentang proses injection moulding, material injection moulding serta sistem manajemen energy dan rekomendasi penambahan alat hemat energi.

BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan tentang komposisi dan spesifikasi mesin, material produksi, konsumsi energi mesin injeksi serta pengolahan data arus listrik, cycle time dan perlakuan material pada literatur dan data yang didapatkan di industri

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang hasil yang diperoleh dari proses pengujian, perbandingan konsumsi energi setiap mesin, kondisi saat injection time, cooling time, serta temperatur ejection dan beberapa rekomendasi penghematan energi yang dapat dilakukan dari hasil perhitungan yang didapat.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan beberapa saran yang diberikan untuk perbaikan baik pada industri maupun penelitian yang akan datang.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 MESIN INJECTION MOULDING

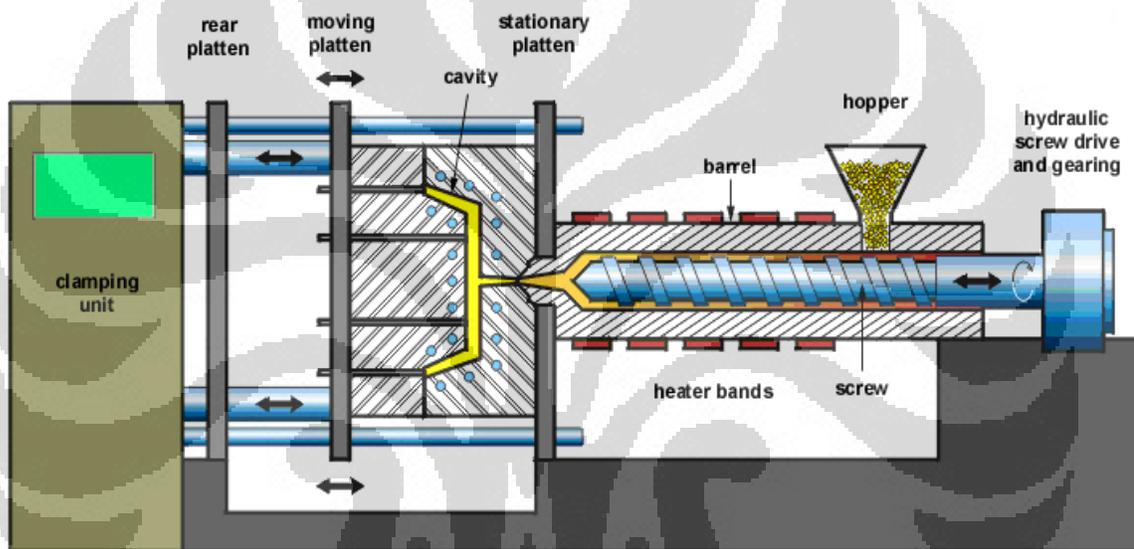
2.1.1 Proses Injection Moulding

Penggunaan barang-barang yang terbuat dari plastik dari waktu ke waktu menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, tersebar luas hampir disemua sektor kehidupan manusia seperti penggunaan untuk peralatan dan perlengkapan rumah tangga termasuk untuk sandang dan perlengkapan kosmetik, peralatan dan perlengkapan kantor, sarana dibidang pendidikan, bangunan, transformasi, peralatan listrik dan elektronik, industri otomotif , pesawat , pertanian dan perikanan dan banyak lagi penggunaan lainnya. Hal tersebut dikarenakan plastik mempunyai kemampuan untuk menggantikan bahan bahan yang terbuat dari kayu, logam-logam, karet, kulit, gelas dan lainnya. Proses produksinya merupakan suatu proses dengan menggunakan mesin injection moulding.

Injection Molding merupakan salah satu teknik pada industri manufaktur untuk mencetak material dari berbahan thermoplastik. Injection Molding merupakan metode proses produksi yang cenderung digunakan dalam menghasilkan atau memproses komponen-komponen yang kecil dan berbentuk rumit, dimana biayanya lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan metode-metode lain yang biasa digunakan. Proses ini terdiri dari bahan termoplastik yang dihaluskan kemudian dipanaskan sampai mencair, kemudian lelehan plastik disuntikan ke dalam cetakan baja, kemudian plastik tersebut akan mendingin dan memadat. Proses ini memerlukan kecepatan tinggi dan otomatis yang dapat memproduksi plastik dengan geometri yang kompleks, yang dimulai dengan memasukan serbuk plastik ke dalam hopper, kemudian menuju barrel yang didalamnya terdapat screw yang berfungsi untuk mengalirkan material leleh yang telah dipanasi menuju nozzle. Material ini akan terus

didorong melalui nozzle dengan injector melewati sprue ke dalam rongga cetak (cavity)

Untuk dapat menggunakan metode Injection molding dan menghasilkan keuntungan ekonomi yang maksimum maka sangat diperlukan pemahaman mengenai mekanisme dasar proses dan aspek terkait dari peralatan cetak dan material yang digunakan. Selain itu karena Injection Molding merupakan proses manufaktur yang memiliki biaya investment machine yang mahal maka sangat penting untuk dapat memperoleh perkiraan biaya mesin di tahap awal desain.



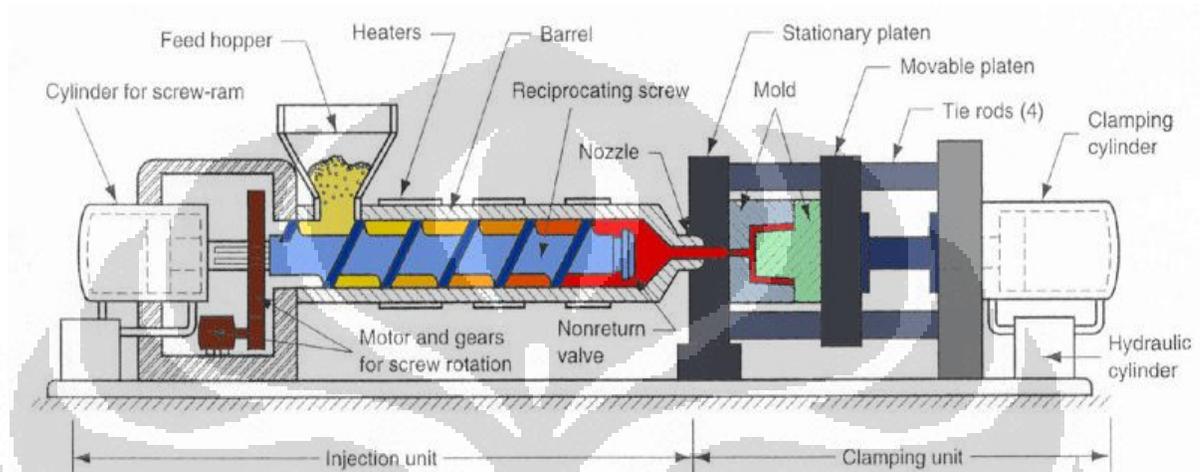
Gambar 2.1 Bagian Mesin Injection Moulding

2.1.2 Bagian-Bagian Utama Mesin Injection Molding

Mesin injection moulding terdiri dari dua bagian besar, yaitu unit injeksi dan unit clamping. Setiap tipe mesin injeksi yang berbeda akan mempunyai perbedaan dalam unit injeksi dan unit clampingnya.

1. Injection unit : merupakan tempat mencairkan plastik dan proses injeksi plastik ke dalam mould. Terdiri dari beberapa bagian yaitu :
 - a. Feed hopper : merupakan wadah untuk menampung plastik yang akan dipanaskan dan dicairkan untuk dialirkan ke screw. Dalam hopper, bahan akan dipanaskan oleh aliran udara dari blower yang dipanaskan oleh

elemen panas (heater). Hal ini dilakukan untuk menghilangkan air yang terdapat dalam bahan baku karena adanya air akan menyebabkan hasil dari pembuatan plastik tidak sempurna.



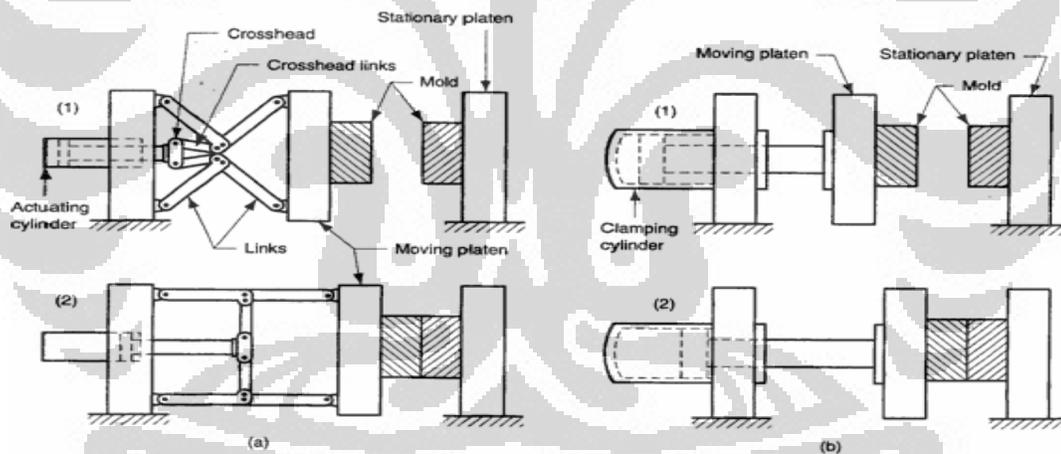
Gambar 2.2 Bagian detail Mesin Injection Moulding

- b. Injection ram : merupakan bagian yang akan memberikan tekanan pada plastik cair agar masuk ke dalam rongga mould.
- c. Barel : merupakan bagian utama yang mengalirkan plastik cair dari hopper melalui screw ke mould. Pada barel terdapat dua heater untuk menjaga panas resin pada temperatur yang sesuai untuk proses injeksi.
- d. Injection screw : merupakan bagian yang mengatur aliran resin dari hopper ke mould. Putaran screw akan menyebabkan bahan akan terkumpul di ujung screw sebelum diinjeksikan. Kemudian screw akan mundur selama beberapa saat, kemudian akan maju mendorong bahan yang telah dicairkan di dalam barel menuju nozzle.
- e. Injection cylinder : merupakan bagian yang dihubungkan ke sebuah motor hidraulik untuk menyediakan tenaga untuk menginjeksikan resin tergantung dari karakteristik resin dan tipe produk pada kecepatan dan tekanan yang diperlukan.

2. Clamping Unit : merupakan tempat mould diletakkan, membuka dan menutup mould secara otomatis, dan mengeluarkan part yang sudah selesai terbentuk.

Terdiri dari :

- a. Injection mould : merupakan cetakan dari produk yang akan dibuat. Terdapat dua tipe iniection mould yaitu cold runner dan hot runner.
- b. Injections platens : merupakan plat baja pada mesin moulding untuk dimana mould diletakkan. Umumnya digunakan dua plat, satu plat yang diam (stationary) dan satunya lagi plat yang bergerak (moveable). Menggunakan hidrolik untuk membuka dan menutup mould.
- c. Clamping cylinder : merupakan bagian yang menyediakan tenaga untuk clamping dengan bantuan tenaga pneumatik dan hidrolik.
- d. Tie bar : menopang kekuatan clamping dan terdapat 4 tie diantara fixing platen dan support platen.

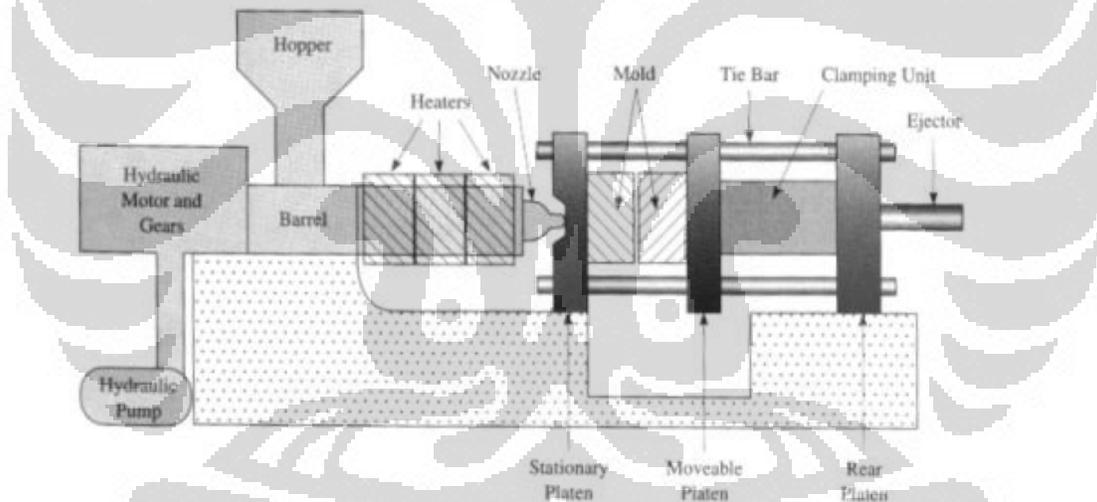


Gambar 2.3 Tipe clamping unit (a) Toggle clamp; (b) Hidrolik clamp

Selain bagian di atas, pada mesin injeksi juga terdapat panel-panel untuk mengatur waktu dan temperatur yang diinginkan.

- a. Injection timer : mengatur waktu yang dibutuhkan untuk menginjeksikan bahan yang telah dicairkan ke dalam mould.
- b. Curing timer : mengatur lamanya waktu pendinginan produk setelah proses injeksi berlangsung. Pendinginan ini terjadi di dalam mould. Pendingin yang digunakan adalah air.

- c. Interval timer : mengatur lamanya waktu mulai produk didorong oleh ejector sampai clamp berada dalam posisi siap kerja.
- d. Clamp timer : mengatur lamanya proses clamping, yaitu waktu cetakan yang bergerak menekan cetakan diam.
- e. Temperatur control : merupakan alat yang digunakan untuk mengatur temperatur elemen pemanas. Temperatur yang digunakan akan berbeda untuk setiap bahan yang berbeda. Temperatur yang digunakan akan berbeda untuk setiap bahan yang berbeda. Pada mesin Toshiba IS 125CN II, digunakan empat temperatur control, dimana tiga temperatur control yang mengatur suhu pada barel dan satu lagi untuk mengatur suhu pada nozzle.



Gambar 2.4 Skema Mesin Injeksi

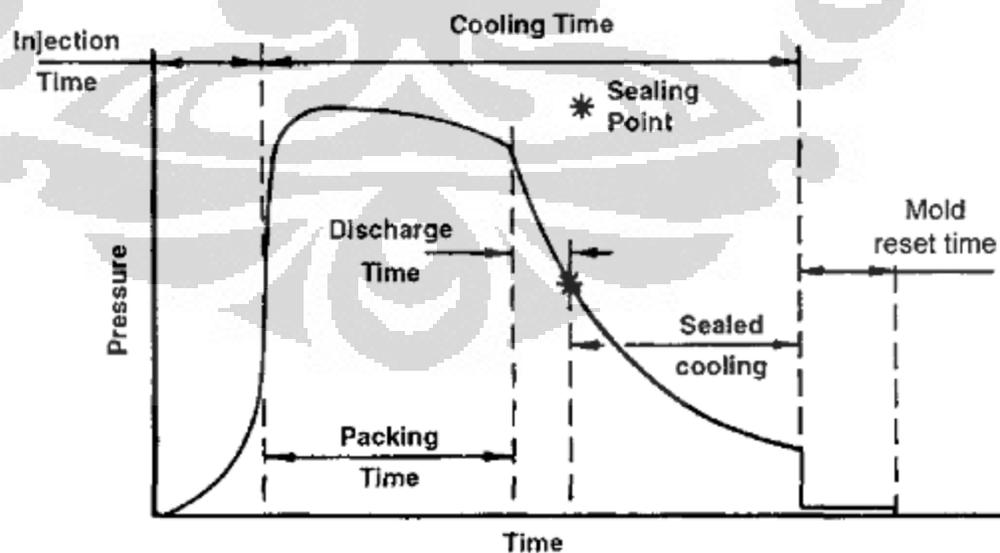
2.1.3 Siklus Proses Injection Moulding

Unit untuk melakukan kontrol kerja dari Injection Molding, terdiri dari Motor untuk menggerakkan screw, piston injeksi menggunakan Hydraulic sistem (sistem pompa) untuk mengalirkan fluida dan menginjeksi resin cair ke molding. Siklus proses Injection molding siklus untuk termoplastik terdiri dari beberapa tahapan

langkah kerja pada proses *injection moulding* menurut Malloy antara lain meliputi (Malloy, Robert. A:1994) :

1. **Mold Filling**, setelah mold menutup, aliran plastik leleh dari injection unit dari mesin masuk ke mold yang relatif lebih dingin melalui sprue, runner, gate, dan masuk ke cavity.
2. **Holding**, plastik leleh ditahan di dalam mold di bawah tekanan tertentu untuk mengkompensasi shrinkage yang terjadi selama pendinginan berlangsung. Tekanan holding biasanya diberikan sampai gate telah membeku. Setelah plastik di daerah gate membeku, produk dapat langsung dikeluarkan dari cavity.
3. **Cooling**, plastik leleh itu kemudian mengalami pendinginan dan membeku.
4. **Part Ejection**, mold membuka dan produk yang telah membeku tadi dikeluarkan dari cavity menggunakan sistem ejector mekanis.

Dari sini didapat siklus proses injection moulding dan memerlukan suatu waktu tertentu untuk dapat melakukan satu kali proses produksi yang biasa disebut cycle time. Cycle time biasanya meliputi beberapa proses : mold close, inject, holding, cooling, charging, dan eject.



Gambar 2.5 Siklus Injection Moulding

2.1.3.a Injection or Filling Stage

Pada saat penyuntikan, material plastik umumnya dalam bentuk butiran/pellet, diisi kedalam suatu wadah saluran tuang (hopper) yang terdapat bagian atas unit mesin. Butir/pellet ini disuap ke dalam silinder untuk dipanaskan hingga mencair. Di dalam silinder (barrel) terdapat mesin screw (berputar) yang mencampur bahan butiran/pellet cair dan mendorong campuran ke bagian ujung silinder. Ketika material yang dikumpulkan di ujung screw telah cukup, proses penyuntikan dimulai. Plastik yang dicairkan dimasukkan kedalam cetakan melalui suatu nozzle injector, ketika tekanan dan kecepatan diatur oleh screw tersebut. Sebagian mesin injeksi menggunakan suatu pendorong sebagai pengganti screw.

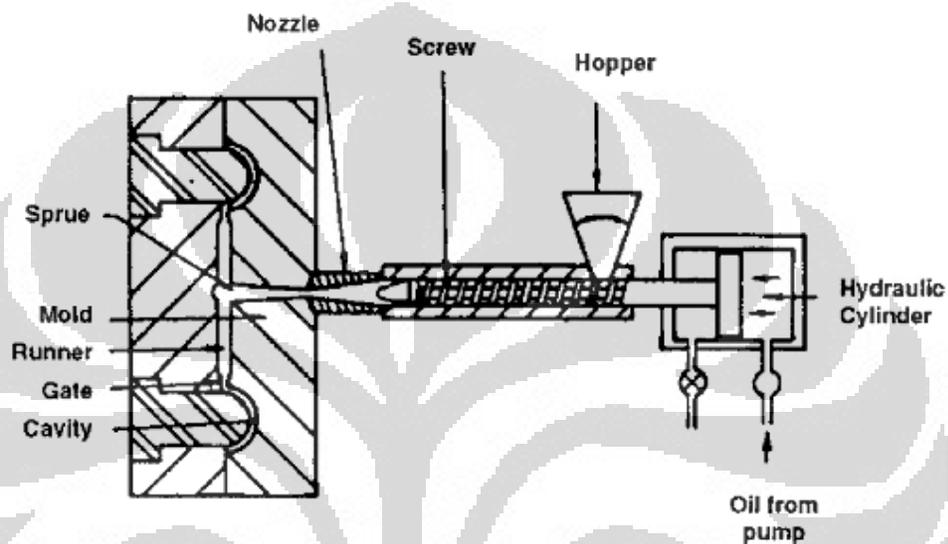
2.1.3.b Cooling or Freezing Stage

Pendinginan dimulai dari pengisian yang cepat dari rongga dan terus berlanjut selama pengepakan dan kemudian mengikuti penarikan plunger atau sekrup, dengan hasil penghapusan tekanan dari cetakan dan area saluran. Pada titik tekanan penghapusan, pembatasan antara rongga cetakan dan saluran pindahnya materil ke rongga, disebut sebagai gerbang cetakan, mungkin masih relatif cairan, terutama pada bagian yang tebal dengan gerbang yang besar.

Karena penurunan tekanan, ada kesempatan untuk arus balik materi dari cetakan sampai bahan yang berdekatan ke pintu gerbang mengeras dan titik penyegelan tercapai. Arus balik diminimalkan dengan desain yang tepat dari gerbang sehingga penyegelan lebih cepat pada penarikan plunger. Setelah titik penyegelan, ada penurunan terus menerus dalam tekanan sehingga material dalam rongga terus dingin dan membeku dan siap untuk di lepas. Karena konduktivitas panas polimer yang rendah, maka waktu pendinginan biasanya merupakan periode terpanjang dalam siklus molding.

2.1.3.c Ejection and Resetting Stage

Unit pengapit dibuka, yang memisahkan keduabelah cetakan, plat ejector mendorong dan mengeluarkan hasil cetakan dari dalam cetakan,. Geram dan sisa pada sisi-sisi hasil cetakan yang tidak dipakaidapat didaur ulang untuk digunakan pada pencetakan berikutnya.



Gambar 2.6 Injection moulding sistem

2.1.4 Molding Cycle Time

Setelah ukuran mesin yang sesuai untuk cetakan part tertentu telah ditetapkan, waktu siklus pencetakan berikutnya dapat diperkirakan. Estimasi ini sangat penting dalam setiap pertimbangan manfaat merancang alternatif part atau pemilihan polimer alternatif. Seperti dijelaskan sebelumnya dalam bab ini, siklus pencetakan dapat secara efektif dibagi menjadi tiga segmen yang terpisah: injeksi atau waktu mengisi, waktu pendinginan, dan waktu cetakan ulang. Perkiraan waktu untuk ketiga segmen yang terpisah ditentukan di bagian berikut ini:

2.1.4.a Injection Time

Sebuah estimasi yang presisi dari waktu injeksi yang diperlukan, analisis yang sangat kompleks dari aliran polimer karena mengalir melalui runners, gates, dan bagian-bagian rongga. Studi terperinci semacam ini yang

akan melibatkan desain lengkap dari rongga cetakan dan sistem runners, dan penggunaan dari pemodelan solid dan analisis elemen hingga nonlinear, akan tidak dibenarkan sebagai dasar untuk perbandingan awal dari konsep desain part alternatif. Untuk menghindari masalah ini, sebagian besar menyederhanakan dengan mengasumsikan bahwa ini adalah karena kinerja mesin dan aliran polimer. Pertama, mesin injeksi molding modern yang dilengkapi dengan unit injeksi yang kuat khusus untuk mencapai laju aliran yang dibutuhkan untuk pengisian cetakan yang efektif. Hal ini diasumsikan bahwa pada saat dimulainya pengisian, kekuatan penuh dari unit injeksi digunakan, dan bahwa tekanan polimer pada nosel dari injector yang direkomendasikan oleh pemasok polimer. Dalam keadaan ini, yang tidak mungkin direalisasikan untuk desain cetakan tertentu, laju aliran. Q ([6] Boothroyd, Geoffrey : 2011), menggunakan mekanika dasar, akan didapatkan dari:

$$Q = \frac{P_i}{p_j}, \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimana,

P_j = injection power, W

Dan

P_i = tekanan injeksi yang dianjurkan, N/m^2

Dalam prakteknya, laju aliran secara bertahap menurun saat cetakan diisi, karena kedua hambatan aliran di saluran cetakan dan penyempitan saluran saat polimer mengeras pada dinding. Ini selanjutnya akan diasumsikan bahwa laju aliran mengalami perlambatan yang konstan untuk mencapai nilai yang signifikan rendah pada titik di mana cetakan diisi sesuai jumlahnya ([6] Boothroyd, Geoffrey : 2011). Dalam keadaan ini, laju aliran rata-rata akan didapatkan dari:

$$Q_{av} = \frac{0.5 P_j}{p_j}, \text{ m}^3/\text{s}$$

Dan waktu pengisian diestimasi dengan:

$$t_f = \frac{2Vs\rho_i}{P_j} \text{ seconds}$$

V_s = ukuran shot yang diperlukan, m^3 .

2.1.4.b Cooling Time

Dalam perhitungan waktu pendinginan, diasumsikan bahwa pendinginan dalam cetakan berlangsung hampir seluruhnya dengan konduksi panas. Panas yang diabaikan ditransfer oleh konveksi, karena pencairan sangat kental dan jelas bahwa radiasi tidak dapat berkontribusi pada hilangnya panas dalam cetakan dalam keadaan benar-benar tertutup. Karena hubungan antara waktu pendinginan dan ketebalan dinding adalah cost driver utama dalam injection molding termoplastik, kami akan mempertimbangkan hal ini secara terperinci di bawah. Hubungan sederhana yang dihasilkan merupakan hal mendasar untuk semua pemrosesan termoplastik.

Perkiraan waktu pendinginan dapat dibuat dengan mempertimbangkan pendinginan dari pelelehan polimer dari penyeragaman suhu awal, T_i , antara dua pelat logam, terpisah jarak sejauh h , dan terjadi di T_m suhu konstan. Situasi ini dianalogikan dengan pendinginan dinding dari komponet cetakan injeksi dibentuk antara rongga cetakan dan inti seperti pada ilustrasi. Dua garis vertikal mewakili permukaan rongga dan inti, terpisah dari ketebalan dinding cetakan, h . Sebuah skala suhu vertikal menunjukkan temperatur injeksi awal, T_i , suhu cetakan, T_m , dan suhu ejsksi yang disarankan, T_x . Karena rate pengisian yang cepat, adalah wajar untuk menganggap bahwa suhu awal dari polimer dalam cetakan memiliki nilai konstan, T_i , di seluruh ketebalan dinding, seperti ditunjukkan oleh garis suhu atas. Pada beberapa waktu kemudian, t , distribusi suhu, di dinding, mengambil bentuk seperti yang ditunjukkan oleh kurva. Bagian yang dapat dikeluarkan dari cetakan ketika suhu di tengah dinding mencapai

suhu ejection yang direkomendasikan, T_x . Variasi suhu ini di seluruh ketebalan dinding dan dengan perubahan waktu dijelaskan oleh persamaan konduksi panas satu dimensi ([6] Boothroyd, Geoffrey : 2011).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Dimana:

X = koordinat jarak dari pusat bidang dari dinding, normal ke permukaan bidang, mm

T = temperature, °C

t = time, s

α = koefisien difusivity panas, mm²/s

untuk mencari costnya maka digunakan rumus:

$$t_c = \frac{h_{\max}^2}{\pi^2 \alpha} \log_e \frac{4(T_i - T_m)}{\pi(T_x - T_m)} \text{ s}$$

2.2 Injection Molding Material

Tidak semua Polymer dapat digunakan dalam proses Injection Molding, Polymer yang paling sering digunakan untuk proses ini yaitu thermoplastik. Bahan Thermoplastik (Thermoplastik) akan lunak bila dipanaskan dan setelah didinginkan akan dapat mengeras, dan dapat dibentuk ulang. Hal ini dikarenakan rantai panjang molekul selalu tetap dan terpisah dan tidak membentuk ikatan kimia satu sama lain. Selain thermoplastik bahan lain yang dapat digunakan yaitu thermosetting yang merupakan plastik dalam bentuk cair dan dapat dicetak sesuai

yang diinginkan serta akan mengeras jika dipanaskan dan tetap tidak dapat dibuat menjadi plastik lagi. Thermosetting umumnya lebih mahal untuk dicetak.

Secara umum, termoplastik menawarkan kekuatan impact yang tinggi, ketahanan korosi yang baik, dan pengolahannya yang mudah dengan karakteristik mengikuti dengan baik aliran cetakan yang rumit. Termoplastik umumnya dibagi menjadi dua kelas, kristal dan amorf. Polimer kristalin memiliki kemampuan mengatur molekul, dengan titik lebur yang tajam. Polimer kristalin biasanya lebih tahan terhadap organik pelarut dan kelelahan yang baik dan memiliki sifat resistensi. Kristal polimer juga umumnya lebih padat dan memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada polimer amorf. Kelemahan utama dari proses manufaktur ini yaitu suhu yang dikenakan haruslah rendah. Komponen termoplastik harus dioperasikan secara kontinu pada suhu 250°C dengan nilai temperature mutlak upper service sekitar 400°C . Nilai Suhu tergantung pada kondisi pengujian dan defleksi yang diperbolehkan, dan untuk alasan ini, nilai tes hanya benar-benar berguna untuk membandingkan polimer yang berbeda.

Plastik adalah polimer dengan rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau “monomer”. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine, atau belerang di tulang belakang (beberapa minat komersial juga berdasar silikon). Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia dan akhirnya ke molekul buatan manusia. Saat ini pada umumnya banyak digunakan enam komoditas polimer, diantaranya adalah polyethylene, polypropylene, polyvinylchloride, polyethylene terephthalate, polystyrene, dan polycarbonate. Komoditas ini membentuk 98% dari seluruh polimer dan plastik yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik banyak digunakan karena memiliki sifat-sifat seperti :

- Tahan korosi dan bahan-bahan kimia
- Konduktivitas panas dan suhu yang rendah

- Dapat mengurangi suara berisik
- Mempunyai berbagai pilihan warna dan transparansi
- Mudah dibuat dan kemungkinan desain yang kompleks
- Murah



Gambar 2.7 Material Serbuk Plastik

Pada produksi plastik, biasanya ditambahkan suatu additives untuk mendapatkan karakteristik tertentu pada plastik. Karakteristik dapat diubah dengan menambahkan additives seperti warna, kekuatan, kekakuan, daya tahan api dan cuaca, daya tahan elektrik, dan kemudahan dalam proses selanjutnya. Beberapa jenis additives yang biasa digunakan yaitu :

- Colorants : merupakan pewarna plastik. Dapat berupa pigmen dan master batch.
- Plastikizers : merupakan additives untuk membuat plastik fleksibel dan lembut. Digunakan pada pembuatan PVC, yang tetap fleksibel saat digunakan.
- Carbon black : dapat mengurangi radiasi ultraviolet yang dapat menyebabkan lemah dan putusny ikat rantai molekul.
- Flame retardants : dapat mengurangi kemungkinan terbakarnya plastik
- Lubricants : dapat mengurangi gesekan pada saat proses lanjutan dan mencegah material lengket pada cetakan.

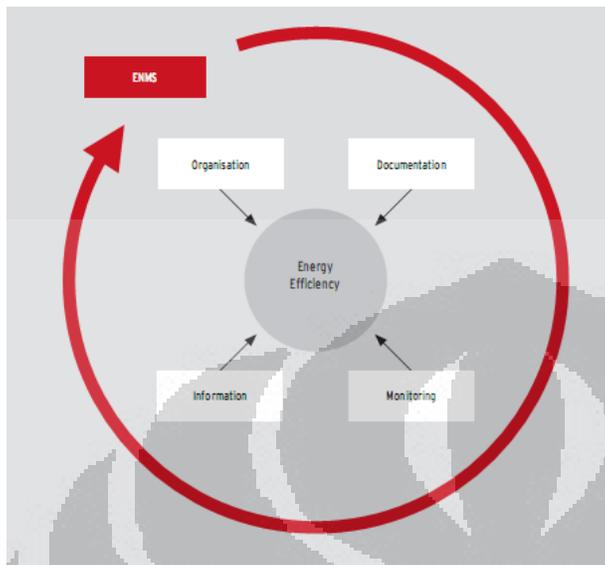
2.3 PENDAHULUAN TENTANG SISTEM MANAJEMEN ENERGI

2.3.1 Manajemen Energi dan Sistem Manajemen Energi

Manajemen energi mencakup semua ukuran yang direncanakan dan diimplementasikan untuk memastikan konsumsi energi yang minimum dalam aktivitas yang sedang dilakukan. Manajemen energi berpengaruh terhadap prosedur teknik dan organisasi, serta pola perilaku untuk mengurangi total konsumsi energi, menggunakan bahan dasar dan bahan tambahan secara ekonomis, serta untuk meningkatkan efisiensi perusahaan secara terus menerus.

Sistem manajemen energi secara sistematis merekam flux energi dan menyiapkannya sebagai dasar utama dalam investasi untuk meningkatkan efisiensi energi. Sistem manajemen energi berfungsi untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan performa energi secara terus menerus serta tetap mempertimbangkan persyaratan yang legal dan relevan.

Sistem manajemen energi mencakup struktur organisasi dan informasi yang dibutuhkan dalam implementasi manajemen energi, termasuk sumber daya. Sistem manajemen energi memformulasikan dan mengimplementasikan peraturan, perencanaan, pendahuluan, sistem operasi, pemantauan, dan pengukuran kontrol, koreksi, serta sistem audit yang baik.



Gambar 2.8 Aspek terpenting dari sistem manajemen energi berdasarkan DIN EN 16001:2009

Adapun manfaat sistem manajemen energi adalah sebagai berikut;

1. Pengurangan Biaya

Dengan menerapkan sistem manajemen energi, kita dapat menghemat 10% biaya pada tahun-tahun pertama setelah berhasil mengidentifikasi titik lemah dalam pemakaian energi, kemudian menempatkannya pada ukuran yang dasar. Selain itu, konsumsi energi juga dapat dihemat dengan menekan sistem udara dan pompa dengan sistem ventilasi, pendingin, dan materi pemeliharaan teknologi lainnya. Kita akan mendapatkan 5-50% penurunan konsumsi tenaga dalam waktu balik modal rata-rata 2 tahun.

2. Pelestarian Lingkungan

Perubahan iklim telah menjadi salah satu factor terjadinya bencana alam seperti banjir dan kemarau. Oleh sebab itu, pelestarian lingkungan perlu dijaga terus menerus. Pelestarian tersebut hanya dapat dicapai jika industri rumah tangga dan industri besar mampu bekerja sama mewujudkannya. Sistem manajemen energi merupakan sarana penting untuk dapat berkontribusi dalam pengurangan emisi gas dan efek rumah kaca.

3. Manajemen Pertahanan

Manajemen energi yang efisien, konsep pembaharuan energi, dan teknologi energi yang inovatif adalah kunci dari kesuksesan dalam persaingan pasar dalam jangka waktu bertahun-tahun.

4. Meningkatkan Pencitraan di Masyarakat

Dengan mengantongi sertifikat DIN EN 16001:2009, kita dapat menunjukkan pada masyarakat bahwa perusahaan yang kita miliki telah menjalankan sistem operasi yang hemat energi dan mendukung pelestarian lingkungan.

5. Insentif Finansial

Beberapa peraturan tentang industri memberikan apresiasi dan penghargaan terhadap perusahaan yang mampu menghemat konsumsinya dengan pemberian insentif, pengurangan pajak, atau pembebanan tarif produksi yang rendah untuk sumber daya yang disediakan oleh otoritas setempat. Hal ini dapat memberikan keuntungan tersendiri terhadap perusahaan atau industri yang bersangkutan.

6. Proyeksi terhadap Kebijakan Iklim

Di negara-negara industri besar di Eropa sudah ada komitmen antara pelaku industri dengan pemerintah. Dalam komitmen tersebut, sistem manajemen energi telah menjadi syarat wajib bagi penurunan konsumsi energi dan pajak energi. Hal ini mendorong terhadap proyeksi beberapa kebijakan yang peduli terhadap perubahan iklim global.

2.3.2 Petunjuk dan Langkah-Langkah Mengadakan Sistem Manajemen Energi

Berdasarkan DIN EN 16001, sistem manajemen energi mengikuti siklus PDCA (Plan, Do, Check, Act) → perencanaan, pengerjaan, pemeriksaan, dan pengambilan langkah.



Gambar 2.9 Siklus PDCA pada sistem manajemen energi

Langkah-langkah individual dalam melakukan siklus PDCA pada sistem manajemen energi adalah sebagai berikut:

1. Plan (perencanaan)
Menetapkan target penyimpanan energi, menentukan strategi, mengidentifikasi ukuran dan tanggungjawab, menyediakan sumber daya yang penting, menyiapkan rencana aksi
2. Do (pengerjaan)

Menetapkan struktur manajemen untuk memelihara proses yang berkelanjutan, melakukan peningkatan nilai efisiensi teknologi dan prosedur

3. Check (pemeriksaan)

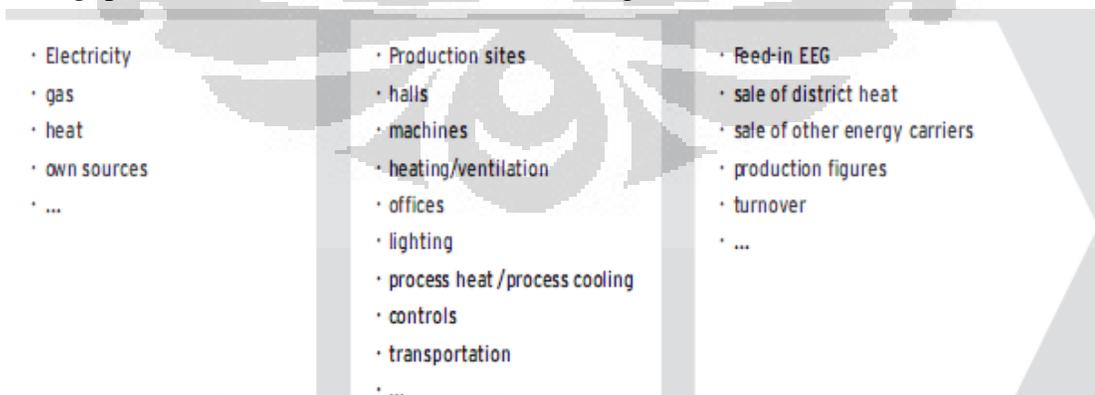
Melihat kembali tingkat pencapaian target dan efektivitas dari sistem manajemen energi. Mengumpulkan ide-ide baru melalui audit, atau jika memungkinkan dari professional expert.

4. Act (pengambilan langkah)

Optimisasi strategi melalui konsolidasi pada data energi, hasil audit, dan informasi baru. Evaluasi progress, dengan bantuan pasar energi terbaru, serta penentuan tujuan baru.

Aktivitas dapat dilakukan secara paralel walaupun keputusan tentang kapan dimulainya aktivitas tersebut tergantung pada kondisi industri masing-masing.

Saat mengajukan sistem manajemen energi, seluruh aspek organisasi yang menyangkut tentang energi harus ditinjau kembali dan disimulasikan ke dalam struktur yang spesifik. Data gabungan yang jelas dan mudah dimenegerti akan memudahkan kita untuk menentukan tujuan organisasi. Makin tinggi konsumsi, makin detail pengukuran yang harus dibuat, sehingga konsekuensinya adalah kita harus memastikan adanya jumlah simpanan energi yang memadai. Jika lingkup konsumen sangat besar, kita dapat mempererat batasan analisis sistem agar mendapat info yang lebih detail. Untuk dapat mengidentifikasi adanya perubahan data, aliran energi perusahaan harus didokumentasikan dengan baik.



Gambar 2.10 Contoh energi flow pada industri

2.3.3 Sistem Manajemen Energi dalam tinjauan PP No. 70 Tahun 2009 dan ISO 50001 :2011

ISO 50001:2011 tentang manajemen energi menetapkan persyaratan untuk penetapan, penerapan, pemeliharaan dan perbaikan sistem manajemen energi yang tujuannya adalah untuk memungkinkan suatu organisasi memiliki pendekatan yang sistematis dalam mencapai perbaikan berkelanjutan dari kinerja energi, termasuk konsumsi dan efisiensi energi. Standar ini menetapkan persyaratan yang berlaku untuk menggunakan energi, termasuk pengukuran, dokumentasi, pelaporan, desain, praktek pengadaan peralatan, sistem, proses serta personil yang berkontribusi terhadap kinerja energi. ISO 50001:2011 berlaku untuk semua variabel yang mempengaruhi kinerja energi yang dapat dipantau dan dipengaruhi oleh organisasi. Berlaku untuk setiap organisasi yang ingin memastikan bahwa itu sesuai dengan kebijakan energi yang dirancang untuk digunakan secara terpisah, tetapi dapat disejajarkan atau terintegrasi dengan sistem manajemen lainnya, semisal PP No.70 tahun 2009 yang berlaku di Indonesia.



Gambar 2.11 Sistem Manajemen Energi dalam tinjauan ISO 50001:2011

Dalam PP No 70 Tahun 2009 tentang konservasi energi sendiri secara garis besar mengatur tentang upaya melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. PP tersebut merupakan peraturan penjabar dari UU No 30 Tahun 2007. Di dalamnya diatur mengenai tanggung jawab pemerintah pusat, pemerintah daerah, tanggung jawab pengusaha serta masyarakat

dalam pelaksanaan konversi energi. Tanggung jawab antar pemerintah pusat dan daerah tidak terlalu jauh berbeda. Termasuk tanggung jawab pemerintah dalam hal mengalokasikan dana dalam rangka pelaksanaan program konservasi energi.

Selain itu dijelaskan pula mengenai batasan dan cakupan konservasi energi. Konservasi energi meliputi keseluruhan kegiatan pengelolaan energi yang berupa penyediaan energi, pengusahaan energi, pemanfaatan energi, dan konservasi sumber daya energi. Dalam pelaksanaan konservasi energi, pemerintah memberikan kemudahan-kemudahan berupa insentif dan disinsentif. Kemudahan diberikan untuk memperoleh akses informasi teknologi hemat energi dan aplikasinya, dan cara/langkah penghematan energi, layanan konsultasi mengenai cara atau langkah penghematan energi, pemberian pengurangan, keringanan, dan pembebasan pajak daerah untuk peralatan hemat energi, fasilitas bea masuk untuk peralatan hemat energi, serta audit energi dalam pola kemitraan yang dibiayai oleh Pemerintah. Selain itu, pemerintah dan pemda mengadakan pembinaan serta pengawasan terhadap pelaksanaan konservasi energi.

Manajemen energi dalam PP No. 70 tahun 2009 disebutkan dalam bab III tentang pelaksanaan konservasi energi bagian ke empat pasal 12 yang berbunyi “Pengguna sumber energi dan pengguna energi yang menggunakan sumber energi dan atau energi lebih besar atau sama dengan enam ribu setara ton minyak pertahun wajib melakukan konservasi energi melalui manajemen energi.

Manajemen energi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan dengan:

- Menunjuk manajer energi
- Menyusun program konservasi energi
- Melakukan audit energi secara berkala
- Melaporkan pelaksanaan konservasi energi setiap tahunnya kepada menteri, gubernur, bupati/walikota sesuai dengan kewenangan masing-masing.

2.4 REKOMENDASI PENAMBAHAN ALAT PENGHEMAT ENERGI

Pada dasarnya untuk melakukan efisiensi energi pada industri injection moulding terdapat beberapa alat-alat tambahan yang dapat ditambahkan pada sistem guna menghasilkan penghematan pemakaian energi. Selanjutnya dapat dilakukan studi lebih lanjut terkait hal ini. Sebagai awalan diberikan gambaran dan rekomendasi singkat terkait penggunaan alat tersebut.

Pada saat ini banyak sekali produk yang ditawarkan untuk menhemat energi listrik di industri. Pada dasarnya peralatan yang di tawarkan dapat dibagi menjadi dua kategori berdasarkan cara kerjanya.

1. Peralatan hemat energi yang bekerja memperbaiki kualitas listrik yang ada di dalam jaringan prose produksi.
2. Peralatan yang secara langsung juga mengurangi pemakaian listrik.

Secara prinsip keduanya bekerja dengan cara yang berbeda. Pada dasarnya jaringan yang terpasang di dalam gedung sangatlah tidak efisien. Banyak loss energi yang terjadi ketika energi yang digunakan ditransmisikan dan ketika energi tersebut digunakan. Alat pertama kan memperbaiki hal tersebut sehingga energi listrik yang kita gunakan menjadi sangat efisien. Selain meningkatkan power factor, alat ini juga mengeliminir harmonic di dalam jaringan transmisi.

Alat kedua terdapat banyak contohnya antara lain inverter. Alat ini secara langsung mengurangi pemakaian motor, motor akan menjadi pelan atau berhenti ketika tidak perlu. Berikutnya adalah insulator, yang biasanya dipasang pada heater atau alat pendingin, sehingga panas atau udara dingin tidak lepas ke udara.

Keuntungan Inverter

1. Hemat samapai dengan 25-65% dari total konsumsi daya. Meningkatkan efisiensi produksi.
2. Mengurangi arus awal motor. Skenario dapat dilihat secara signifikan ketika generator listrik digunakan.
3. Suhu oli hidrolis jelas turun 5-15 ° C untuk memperpanjang umur mesin.
4. Smooth mulai mengurangi dampak tekanan hidrolis. Efektif mengurangi kebisingan dan tingkat kegagalan produk.
5. Memperpendek siklus produksi dan meningkatkan produktivitas di bawah kondisi cetakan tertentu.
6. Setelah menginstal inverter, proses operasional adalah sebagai sama seperti sebelumnya.

BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 DATA KOMPOSISI DAN SPESIFIKASI MESIN

3.1.1 Spesifikasi Mesin Secara Umum

Pada saat ini Industri yang dijadikan tempat riset memiliki 18 buah mesin injeksi plastik dan beberapa mesin penunjang. Mesin tersebut berasal dari Jepang, Jerman, dan Taiwan. Spesifikasi dari tiap mesin dapat dilihat pada tabel di bawah.

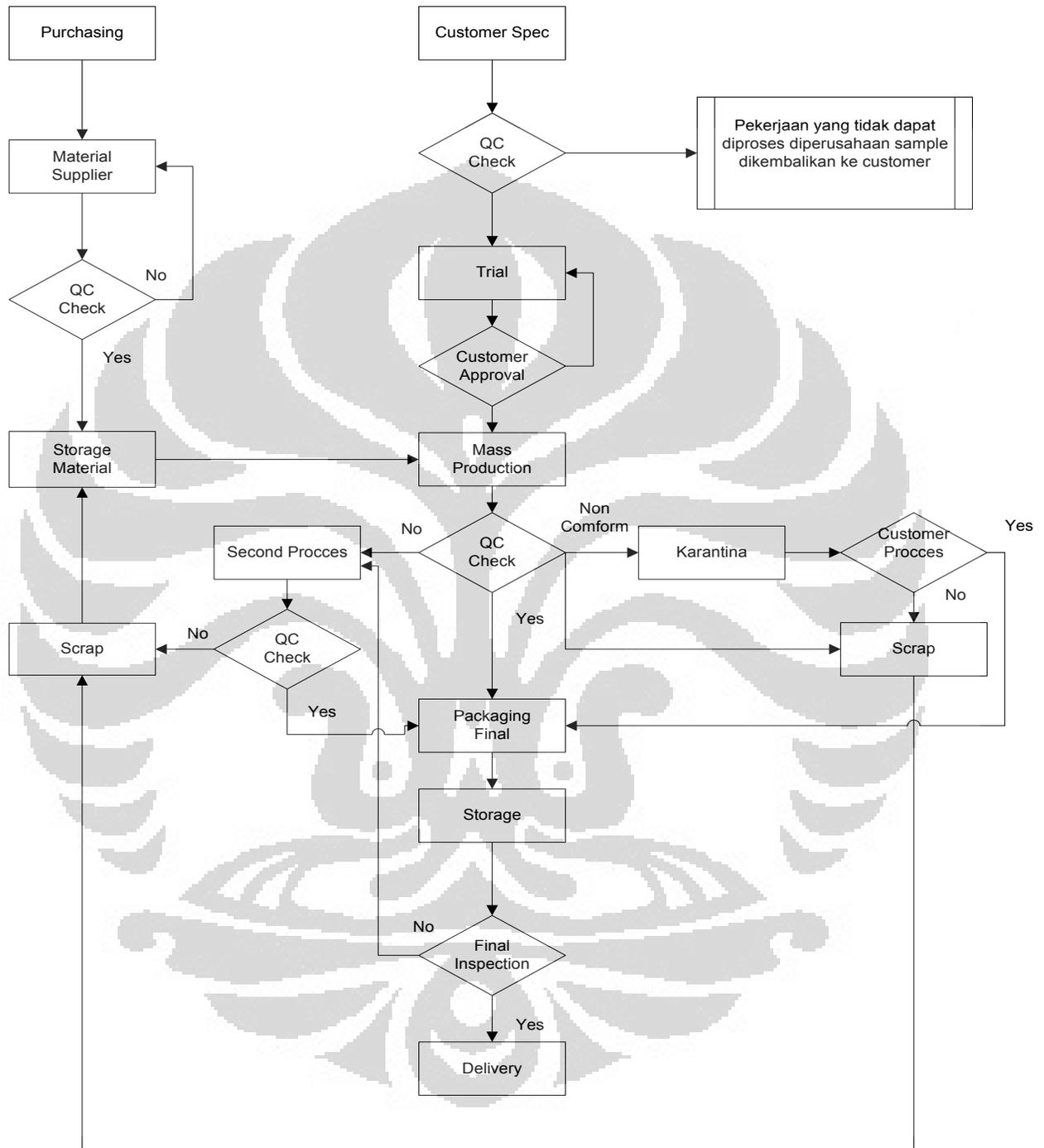
No	Nama Mesin	Jumlah Unit
1	Cooling Tower	1
2	Chiller	1
3	Mould Tempering Control	2
4	Mixer	2
5	Crushing	3

Tabel 3.1 Daftar Mesin Penunjang pada Industri Plastik Injection



Gambar 3.1 Suasana Plastik Injection Hall Industri Plastik.

Alur Proses Produksi
PT. Mitraindo Selaras Industri



Gambar 3.2 Alur Proses Produksi di Industri Plastic Injection Moulding

No.	Clamping Force (Ton)	Brand	Type	Total Weight/ shot (gram)	Tie – Bar HxV (mm)	Mould Thickness		Locating Ring Size (mm)
						Min (mm)	Max (mm)	
1	470	Tien – Fa	IS – 1140 - FN	1.120 (40-OZ)	831 X 641	292	902	0 125
2	315	Tien – Fa	IS – 570 - F	570	535 X 426	250	600	0 125
3	160	Nissei	FS – 160 – S36 ASE	314	460 X 460	850	200	0 120
4	264	Nissei	FS – 260 – S71	624	615 X 615	265	550	0 120
5	150	Meiki	M -150 - AII	295	730 X 505	200	600	0 100
6	300	Nigata	SN – 301 – BE	1.015	680 X 620	350	650	0 120
7	200	Nigata	SN – 200 – AE	555	560 X 510	250	550	0 120
8	170	Toshiba	IS – 170 – FA3	255	510 X 510	850	190	0 100
9	120	Jsw	J 120 – SA II	230	460 X 460	605	200	0 100
10	130	Toshiba	IS 0 130 – FA3	180	460 X 460	750	190	0 100
11	80	Toshiba	IS – 80 – EPN	130	375 X 375	600	200	0 100
12	50	Boy	50 - T2	86	305 X 305	250	600	0 100
13	22	Boy	22 –S	27	254 X 254	200	400	0 100
14	125	Toshiba	IS- 125- CNII	230	450 X 450	300	600	0 100
15	125	Toshiba	IS – 125 – CNII	230	450 X 335	300	600	0 100
16	100	Jsw	N – 100 – BII	217	380 X 330	200	350	0 100
17	100	Jsw	N – 100 – BII	217	380 X 330	200	350	0 100
18	140	Jsw	N – 140 - BII	286	460 X 400	200	425	0 100

Tabel 3.2 Spesifikasi Mesin Injeksi Plastik di Industri Plastic Injection Moulding

3.1.2 Spesifikasi Mesin Boy 50T2

Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin Boy 50 T2

International Size	500/185	Dim.			
Closing Unit					
Clamping Force		kN	500		
Closing Force		kN	25.7		
Opening Force		kN	50.2		
Mould Stroke		mm	350		
Minimum plate distance		mm	250		
Maximum plate distance		mm	600		
Clear width between tie bars		mm	h x v x 305 x 305		
Diameter		mm	55		
Ejector force					
Pushing/pulling		kN	18.1 / 12.0		
Ejector stroke		mm	80 (130)		
Size of platens		mm	500 x 500		
Injection unit					
Screw diameter		mm	28	32	38
42					
L/D ratio			22.8	20	17
15.2					
Spec. Injection pressure		bar	2507	1920	
1360 1115					
Theor. Stroke volume		cm ³	73.8	96.5	136 166
Compression ratio			2.18	2.4	2.0
2.23					
Injection weight with polystyrene		g	62	82	115 140

Injection force	kN	154.4
Screw force	mm	120
Plastiks, rate 394 rpm with polystyrene	kg/h	35 48 64
Injection time	sec	1.0
Screw torque	Nm	406.325
Screw speed	min-1	314, 394 (1)
Nozzle pressure force	kN	66
Nozzle stroke	mm	210
Heating capacity (2)	W	3 x 1950 + 450 + 200
Heating capacity (3)	W	3 x 1830 + 2250 + 450 + 200
Granulate container	Liter	58
Screw retraction force	kN	30.8
Drive		
Pump motor	kW	11
Operating pressure	bar	160
Number of drycycles (Euomap)	min-1	38
Installed total power (2)	kW	17.4
Installed total power (3)	kW	19.29
Oil reservoir	Liter	250
Dimensions		
Length	mm	3164
Width	mm	1060
Height	mm	1825
Total weight without oil	kg	2030
Mould cooling connection		R ½"
Oil Cooling connection		R ¾"
Nois Level	Db(A)	77/62

3.1.3 Spesifikasi Mesin Toshiba IS-80 CNII dan Toshiba IS-125 CNII

Tabel 3.4 Spesifikasi Mesin Toshiba IS-125 CNII

Clamping Unit	
Clamping Force (Ton)	125
Clamp Opening Force (Ton)	8
Jarak Antara Tie Rods (HxV) (mm)	450 x 335
Dimensi Platen (HxV) (mm)	645 x 540
Clamping Stroke (mm)	450
Daylight	
Without Spacer (mm)	800
With Spacer (mm)	640
Closed Daylight (Minimum)	
Without Spacer (mm)	350
With Spacer (mm)	190
Ejecting Force, (Hydraulic) (Ton)	3.3
Ejector Stroke (mm)	80
Closing Speed	
Fast (m/min)	37
Slow (m/min)	2.5
Opening Speed	
Fast (m/min)	36
Slow (m/min)	2.2
Injection Unit	
Screw Diameter (mm)	40
Injection Capacity-Calculated (cm ³)	250
Injection Capacity	
PS (gram)	230
PE (gram)	180
Injection Pressure (kg/cm ²)	1570
Injection Rate (cm ³ /sec)	178
Plasticizing Capacity (PS) (kg/h)	90
Injection Stroke (mm)	200
Screw Speed Range (rpm)	400
Screw Drive Torque (kg-m)	70/35
Hopper Capacity (liters)	50

Nozzle Sealing Force (Ton)	4.8
Common	
Motor, Pump Drive (kw)	22
Heating Unit (kw)	7.4
Maximum Load Capacity (kVA)	56
Required Oil (Liter)	450
Machine Dimensions (LxWxH) (meter)	4.9 x 1.3 x 2.1
Machine Weight (Ton)	5.5

Tabel 3.5 Spesifikasi Mesin Toshiba IS-80 CNII

Clamping Unit	
Clamping Force (Ton)	83
Clamp Opening Force (Ton)	5.9
Jarak Antara Tie Rods (HxV) (mm)	375 x 280
Dimensi Platen (HxV) (mm)	545 x 450
Clamping Stroke (mm)	355
Daylight	
Without Spacer (mm)	630
With Spacer (mm)	515
Closed Daylight (Minimum)	
Without Spacer (mm)	275
With Spacer (mm)	160
Ejecting Force, (Hydraulic) (Ton)	2.3
Ejector Stroke (mm)	63
Closing Speed	
Fast (m/min)	34
Slow (m/min)	2.5
Opening Speed	
Fast (m/min)	34
Slow (m/min)	2.2
Injection Unit	
Screw Diameter (mm)	36
Injection Capacity-Calculated (cm ³)	145

Injection Capacity	
PS (gram)	135
PE (gram)	105
Injection Pressure (kg/cm ²)	1600
Injection Rate (cm ³ /sec)	122
Plasticizing Capacity (PS) (kg/h)	55
Injection Stroke (mm)	144
Screw Speed Range (rpm)	310
Screw Drive Torque (kg-m)	70/35
Hopper Capacity (liters)	50
Nozzle Sealing Force (Ton)	4.8
Common	
Motor, Pump Drive (kw)	18.5
Heating Unit (kw)	5.6
Maximum Load Capacity (kVA)	41
Required Oil (Liter)	350
Machine Dimensions (LxWxH) (meter)	4.3 x 1.2 x 1.9
Machine Weight (Ton)	3.5

3.2 Material Produksi Industri Plastic Injection Moulding

Material produksi merupakan bagian terpenting yang harus diperhatikan pada proses produksi di industri plastic injection moulding. Sebagian besar material polymer dapat diaplikasikan untuk proses ini, termasuk thermoplastik, thermoplastik yang diperkuat serat, thermoset, dan elastomer. Proses ini juga tidak terbatas oleh sifat viskositas, yaitu hampir segala viskositas dapat diproses dengan metode ini.

Parameter kualitas material yang perlu diperhatikan pada proses ini antara lain :

- Melt Flow Rate
- Temperatur Leleh
- Heat Deflection Temperature
- Sifat Mekanis

Aplikasi dari proses produksi ini sangat beragam mulai dari produk-produk elektronik, otomotif, hingga produk senjata. Industri ini memiliki beberapa grade injection yang masing-masing dibedakan berdasarkan jenis serbuk plastik/material dan jenis aditif yang dipergunakan. Berikut daftar material dan spesifikasi perlakuan yang digunakan pada industri plastic injection moulding

Tabel 3.6 Daftar Material Industri dari pengamatan keseharian di pabrik

No.	Bahan Plastik		Temp. Barel °C	Pengerangan (Drying), Hooper		Screw Speed RPM	Screw Back Press Kg/cm ²
	Singkatan	Nama Bahan		Temp. °C	Waktu : Jam		
1.	PS	Poly Styrene	180 ~ 260	75 ~ 80	1 ~ 2	0 ~ 240	5 ~ 20
2.	ABS	Acrylenitrile Butadin Styrene	180 ~ 260	80 ~ 100	2 ~ 4	0 ~150	5 ~ 20
3.	AS	Stylene Acrylonitorile	200 ~ 260	80 ~ 85	2 ~ 4	0 ~150	5 ~ 20
4.	PMMA	Stylene Acrylonitorile	100 ~ 290	70 ~ 100	2 ~ 6	0 ~ 90	5 ~ 20
5.	PVC (S)	Poly Vynil Chloride (Soft)	100 ~ 190			0 ~ 110	5 ~ 15
6.	PVC (H)	Poly Vynil Chloride (Hard)	170 ~ 210			0 ~ 90	5 ~ 15
7.	PE (LD)	Poly Ethylene	160 ~	0 ~ 80	1 ~ 2	0 ~ 240	3 ~ 30

		(Low Density)	200				
8.	PE (HD)	Ploy Ethylene (High Density)	180 ~ 280			0 ~ 240	3 ~ 30
9.	PP	Poly Proplyne	180 ~ 280	0 ~ 80	1 ~ 2	0 ~ 240	3 ~ 30
10.	PA (6)	Poly Amid – 6 Nylon	235 ~ 280	80 ~ 100	2 ~ 10	0 ~ 150	3 ~ 15
11.	PA (12)	Poly Amid – 12 Nylon	235 ~ 280	80 ~ 100	2 ~ 10	0 ~ 150	3 ~ 15
12.	PA (66)	Poly Amid – 66 Nylon	250 ~ 300	80 ~ 110	2 ~ 10	0 ~ 150	3 ~ 15
13.	PPO	Poly Phenylene Oxide	240 ~ 315	80 ~ 120	2 ~ 4	0 ~ 90	5 ~ 30
14.	PPE	Poly Phenylene Ether	240 ~ 315	80 ~ 120	2 ~ 4		
15.	PBT	Poly Butylene Telephtalate	230 ~ 280	120 ~140	3 ~ 5		
16.	POM	Poly Oxy Methylene	175 ~ 210	80 ~ 90	2 ~ 4	0 ~ 110	2 ~ 20
17.	PC	Poly Carbonate	250 ~ 300	100 ~120	4 ~ 10	0 ~ 110	5 ~ 30
18.	PSUL	Poly Sulphine	340 ~ 370	145 ~165	2 ~ 4		

19.	PES	Poly Ether Sulphone	340 ~ 380	150 ~170	2 ~ 4		
20.	PEI	Poly Ether Imid	350 ~ 425	120 ~150	4 ~ 7		
21.	PAR	Poly Arylete	250 ~ 350	100 ~140	6 ~ 8		
22.	PAI	Poly Amid Imid	340 ~ 370	120 ~150	3 ~ 8		
23.	PPS	Poly Phenilene Sulphide	310 ~ 340	120 ~140	3 ~ 6		
24.	PEEK	Poly Ether Ether Kethone	365 ~ 420	~ 150	3 ~		
25.	LCP (V)	Liquid Chrystal Polymer (Vectra)	285 ~ 335	140 ~160	4 ~		
26.	LCP (E)	Liquid Chrystal Polymer (Ekonel)	370 ~ 390	120 ~150	3 ~		
27.	LCP (X)	Liquid Chrystal Polymer (Xydar)	360 ~ 390	~ 150	8 ~		

Catatan :

- Untuk temperatur barel harus diperhatikan benar dan harus sesuai benar dengan bahan dan temperatur barel yang ditentukan.

- Cara menentukan barrel disesuaikan dengan temperatur yang diperbolehkan atau disesuaikan dengan gambaran di bawah ini sampai dengan menghasilkan produk yang standar.

Tabel 3.7 Daftar Polimer yang biasa digunakan pada Injection Moulding

Thermoplastic	Yield strength (MN/m ²)	Elastic modulus (MN/m ²)	Heat deflection temperature (°C)	Cost (\$/kg)
High-density polyethylene	23	925	42	0.90
High-impact polystyrene	20	1900	77	1.12
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	41	2100	99	2.93
Acetal (homopolymer)	66	2800	115	3.01
Polyamide (6/6 nylon)	70	2800	93	4.00
Polycarbonate	64	2300	130	4.36
Polycarbonate (30% glass)	90	5500	143	5.54
Modified polyphenylene oxide (PPO)	58	2200	123	2.75
Modified PPO (30% glass)	58	3800	134	4.84
Polypropylene (40% talc)	32	3300	88	1.17
Polyester terephthalate (30% glass)	158	11,000	227	3.74

Tabel 3.8 Data Proses Seleksi Polimer

Thermoplastic	Specific gravity	Thermal diffusivity (mm ² /s)	Injection temp. (°C)	Mold temp. (°C)	Ejection temp. (°C)	Injection pressure (bars)
High-density polyethylene	0.95	0.11	232	27	52	965
High-impact polystyrene	1.59	0.09	218	27	77	965
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	1.05	0.13	260	54	82	1000
Acetal (homopolymer)	1.42	0.09	216	93	129	1172
Polyamide (6/6 nylon)	1.13	0.10	291	91	129	1103
Polycarbonate	1.20	0.13	302	91	127	1172
Polycarbonate (30% glass)	1.43	0.13	329	102	141	1310
Modified polyphenylene oxide (PPO)	1.06	0.12	232	82	102	1034
Modified PPO (30% glass)	1.27	0.14	232	91	121	1034
Polypropylene (40% talc)	1.22	0.08	218	38	88	965
Polyester teraphthalate (30% glass)	1.56	0.17	293	104	143	1172

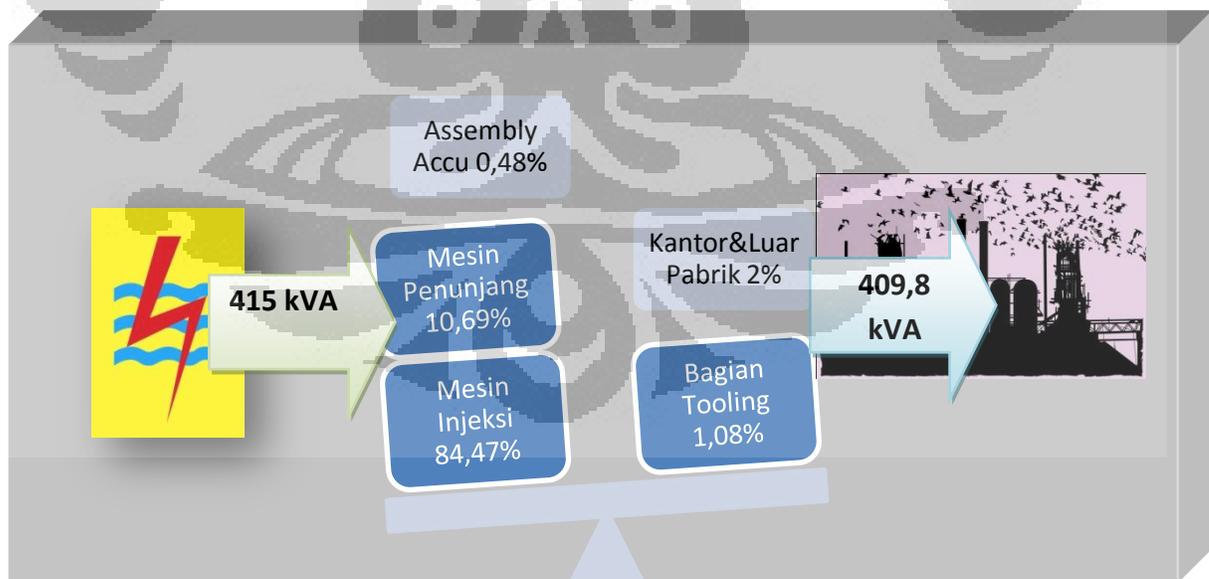
3.3 KONSUMSI ENERGI MESIN INJEKSI

Distribusi konsumsi energi pada industri plastik injection moulding yang dijadikan pilot project memiliki sebaran pada lima bagian utama. Pemakaian energi tersebut masing-masing tersebar pada unit mesin injeksi, unit mesin penunjang, unit penerangan kantor dan luar pabrik, bagian tooling, dan assembly accu. Unit mesin injeksi merupakan bagian yang mengkonsumsi energi terbesar pada industri tersebut dan dijadikan sebagai objek utama dalam analisa konsumsi energi, lebih jauh lagi terfokus pada mesin injection mouldingnya agar didapatkan efisiensi yang signifikan. Berikut catatan pemakaian listrik industri tersebut.

Tabel 3.9 Catatan Kebutuhan dan Pemakaian Listrik

No	Jenis Mesin	Clamping Force (Ton)	Kebutuhan Listrik (kW)
Kebutuhan Mesin Injection			
1	Tien -Fa	470	24
2	Tien - Fa	315	10
3	Nissei	160	42.3
4	Nissei	264	47
5	Meiki	150	37
6	Nigata	300	26
7	Nigata	200	24
8	Toshiba	170	24
9	Jsw	120	18
10	Toshiba	130	18.5
11	Toshiba	80	18.5
12	Boy	50	12.5
13	Boy	22	8
14	Toshiba	125	20
15	Toshiba	125	16
16	Jsw	100	16
17	Jsw	100	22
18	Jsw	140	22
Total			405.8
Kebutuhan Mesin Penunjang			

19	Mesin Giling Bahan 1		3.75
20	Mesin Giling Bahan 2		12
21	Mesin Mixer		1.5
22	Compressor		12
23	Chiller & Pump Chiller		12
24	Cooling Tower		10
	Total		51.25
Kebutuhan Bagian Tooling			
25	Mesin Bubut 1		1.5
26	Mesin Bubut 2		1.5
27	Mesin Miling		0.75
28	Mesin Gergaji		1.5
	Total		5.25
Kebutuhan Ruang Assembly Accu Kecil			
29	Penerangan dan Mesin 1 Phase		7
	Total		7
Kebutuhan Penerangan Kantor dan Luar Pabrik			
30	Penerangan Kantor dan Luar		10
	Total Keseluruhan		479.3
	Total dalam kVA		409.8015
	Daya Terpasang PLN (kVA)		415

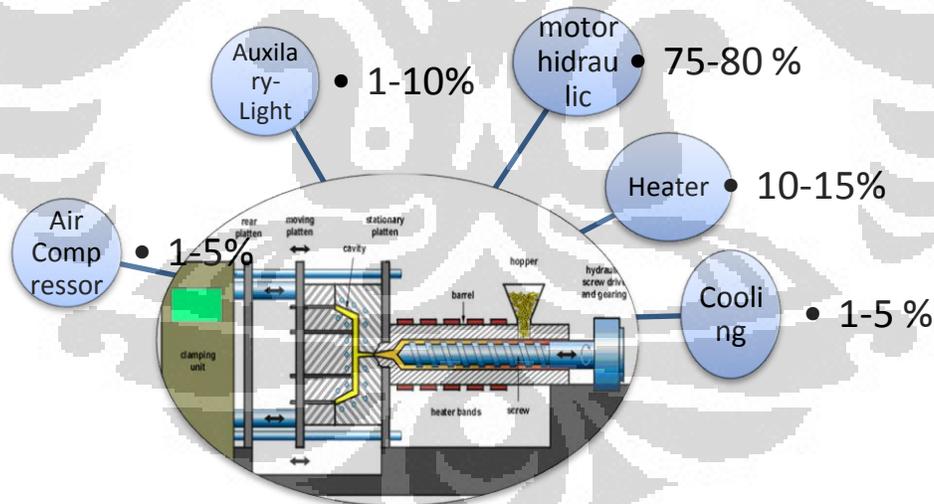


Gambar 3.3 Ilustrasi distribusi energi pada industri injection moulding.

Konsumsi energi pada injection moulding tersebar pada setiap komponen yang ada pada mesin tersebut. Tingkat konsumsi energi tersebut dapat dibagi ke dalam 6 bagian yaitu :

Peralatan Listrik Utama	Persentase dari Konsumsi Daya
Motor Listrik untuk Mesin Hidrolik	75-80 %
Sistem Pemanas (Barel)	10-15%
Pompa Air Pendingin	5-10%
Air Compressor	1-5%
Auxiliary Utility	1-5%
Light	1-5%

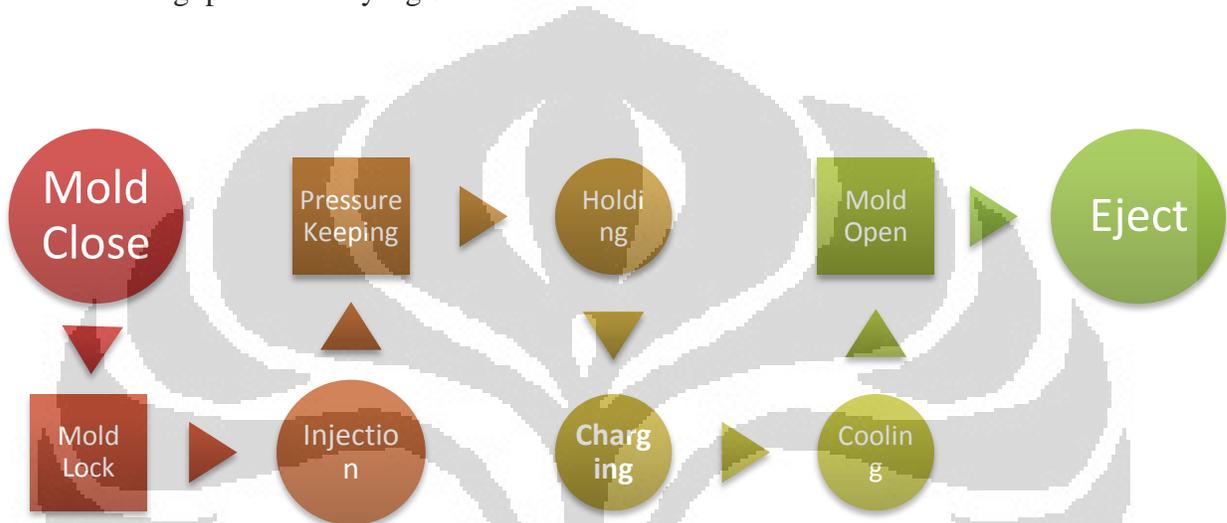
Tabel 3.10 Konsumsi Energi pada Mesin Injeksi



Gambar 3.4 Distribusi Energi pada Mesin Injection Moulding

Sebuah pompa hidraulik menggunakan lebih dari 75% dari total konsumsi daya. Meskipun jumlah minyak diterapkan oleh sebuah pompa hidraulik adalah tetap, permintaan minyak selama injeksi proses bervariasi.

Sebenarnya, tekanan, laju alir injeksi mesin yang bervariasi pada cetakan kunci, suntik, pendinginan, cetakan terbuka, pin suntik, dan kliring. Selama waktu cetakan terbuka, pendinginan dan jelas, inverter dapat menurunkan RPM pompa minyak, menghilangkan overflow minyak dan suhu minyak hidrolik juga bisa dikurangi pada waktu yang sama.



Gambar 3.5 Alur Proses Injeksi

Arus listrik diukur untuk setiap proses yang ada dalam satu siklus untuk menghasilkan satu produk yang meliputi proses diatas ([8] Handoyo, Ekadewi : 2007) Konsumsi energi listrik yang diperlukan mesin injection moulding dapat dihitung dengan persamaan :

$$W = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot PF \cdot t$$

Dimana,

V : Voltase Listrik; 220 Volt

I : Arus Listrik

PF : Power Factor, Power Factor di instalasi ini diketahui sebesar 0.855

t : Waktu (s)

Tabel 3.11 Data Hasil Pengukuran Arus Listrik dan Waktu Proses

No.	Clamping Force (Ton)	Brand	Type	Mold Close		Inject	
				I (Ampere)	t (s)	I (Ampere)	t (s)
1	470	Tien -Fa	IS – 1140 – FN	80	4	80	13
2	160	Nissei	FS – 160 – S36 ASE	34	3	24	10
3	264	Nissei	FS – 260 – S71-ASE	80	4	46	23.8
4	150	Meiki	M -150 – AII	50	4	20	6
5	300	Nigata	SN – 301 – BE	100	3.5	80	15
6	200	Nigata	SN – 200 – AE	80	3	80	4
7	120	Jsw	J 120 – SA II	38	1.5	20	3
8	130	Toshiba	IS 0 130 – FA3-10 A	18	3	30	4
9	80	Toshiba	IS – 80 – EPN	30	2.5	12	4
10	50	Boy	50 - T2	14	3	12	3
11	22	Boy	22 –S	16	1	16	2
12	125	Toshiba	IS- 125- CNII	24	4	26	4.1
13	125	Toshiba	IS – 125 – CNII	24	4	26	6
14	100	Jsw	N – 100 – BII	24	0.5	24	6
15	140	Jsw	N – 140 – BII	34	2	42	6

No.	Clamping Force (Ton)	Hold		Cooling		Charge		Eject		t 1 cycle
		I (Ampere)	t (s)							
1	470	80	5	60	90	70	18	60	12	142
2	160	25	3	20	34	25	17	20	2	69
3	264	50	5	20	35	30	18	70	2	87.8
4	150	40	8	30	21	40	14	30	2	55
5	300	100	13	50	34	50	28	100	3	96.5
6	200	30	1	30	30	50	6	80	2	46
7	120	24	3	20	14	26	7.6	30	2	31.1
8	130	20	3	14	36	24	9	14	2	57
9	80	14	18	27	23	26	10	14	2	59.5
10	50	10	3	7	21	12	12	8	4	46
11	22	16	1	16	7	14	2	12	2	15
12	125	22	7.5	20	22	30	12	20	1.5	51.1
13	125	22	9	20	22	30	14	20	2	57
14	100	22	2	20	42	22	32	20	1	83.5
15	140	40	10	32	40	32	37	30	2	97

BAB 4 ANALISA DATA

4.1 PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI SETIAP MESIN

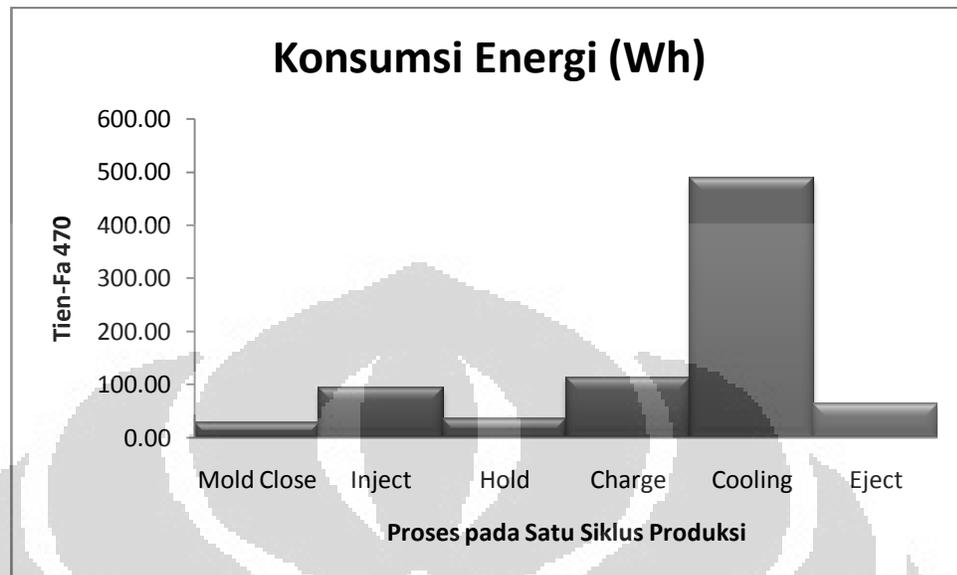
Pengukuran waktu dilakukan terhadap tiap proses untuk menghasilkan satu produk dan dihasilkan cycle time disertai dengan pengukuran arus listrik pada tiap proses tersebut. Hasil pengukuran waktu dan arus listrik tiap proses dapat menghasilkan total konsumsi energi yang dihabiskan untuk satu kali proses produksi. Konsumsi energi listrik yang diperlukan mesin injection moulding dapat dihitung dengan persamaan :

$$W = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot PF \cdot t$$

Dengan menggunakan persamaan di atas dan data yang diperoleh dari tabel 3.10 konsumsi energi listrik untuk tiap cycle yang menghasilkan satu produk pada setiap mesin dapat diperoleh sebagai berikut :

Tien-Fa IS-1140-FN	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	80	80	80	70	60	60
t (Second)	4.00	13.00	5.00	18.00	90.00	12.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	28.96	94.12	36.20	114.03	488.68	65.16
t 1 Cycle	142.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.83					

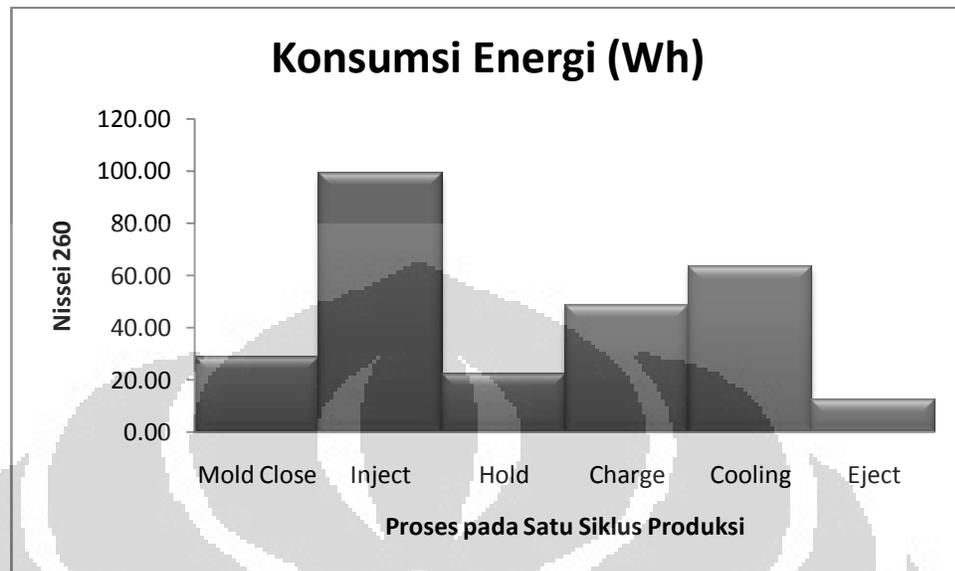
Tabel 4.1 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Tien-Fa 1140



Gambar 4.1 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Tien-Fa 470

Nissei FS – 160 – S36 ASE	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	34	24	25	25	20	20
t (Second)	3.00	10.00	3.00	17.00	34.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	9.23	21.72	6.79	38.46	61.54	3.62
t 1 Cycle	69.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.14					

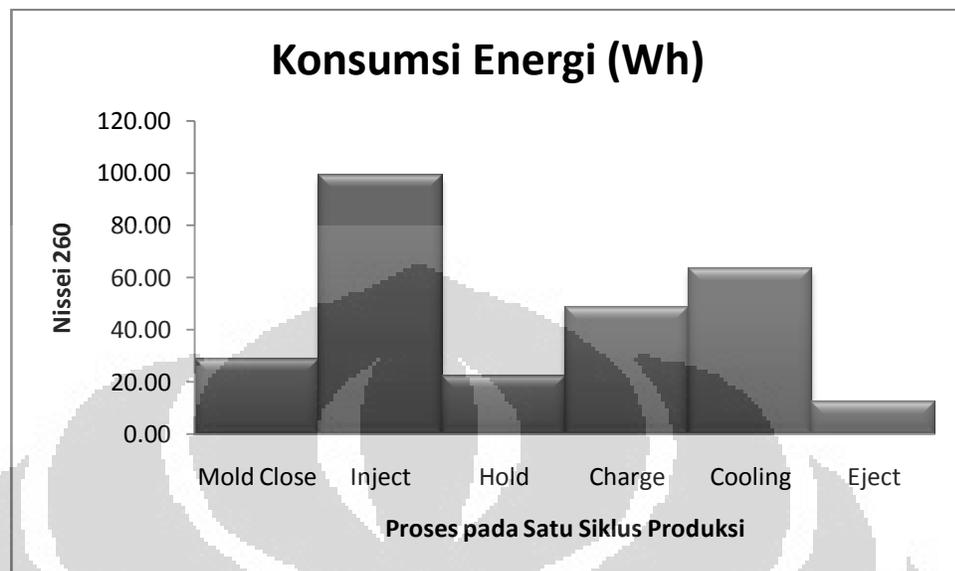
Tabel 4.2 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Nissei 160



Gambar 4.2 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Nissei 160

Nissei FS – 260 – S71 ASE	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	80	46	50	30	20	70
t (Second)	4.00	23.80	5.00	18.00	35.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	28.96	99.08	22.62	48.87	63.35	12.67
t 1 Cycle	87.80					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.28					

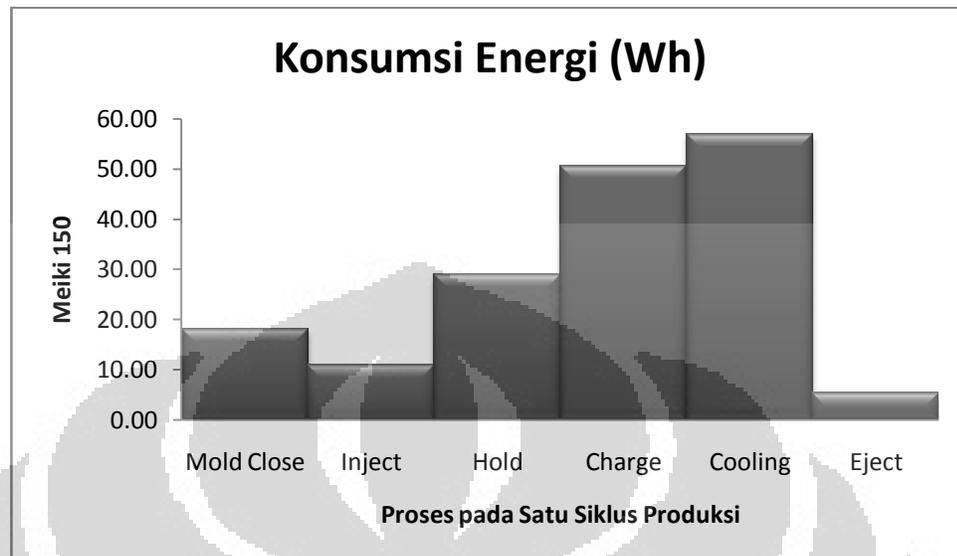
Tabel 4.3 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Nissei 260



Gambar 4.3 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Nissei 260

Meiki M-150-AII	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	50	20	40	40	30	30
t (Second)	4.00	6.00	8.00	14.00	21.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	18.10	10.86	28.96	50.68	57.01	5.43
t 1 Cycle	55.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.17					

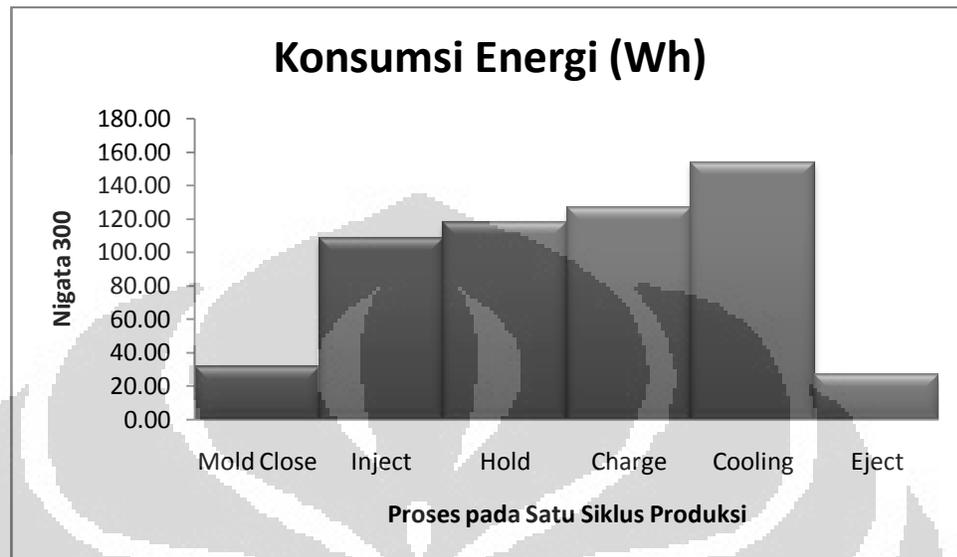
Tabel 4.4 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Meiki 150



Gambar 4.4 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Meiki 150

Nigata SN-301-BE	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	100	80	100	50	50	100
t (Second)	3.50	15.00	13.00	28.00	34.00	3.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	31.67	108.60	117.65	126.70	153.84	27.15
t 1 Cycle	96.50					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.57					

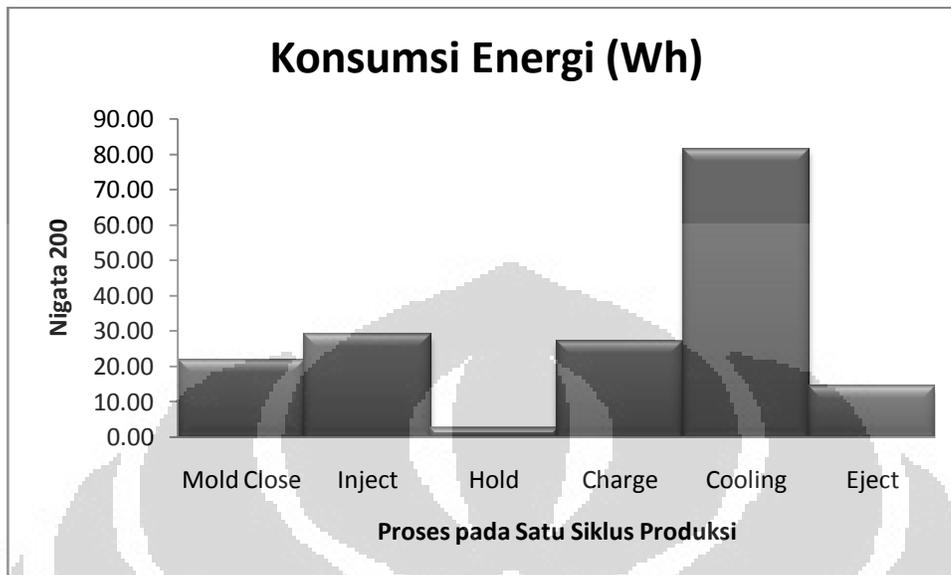
Tabel 4.5 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Nigata 300



Gambar 4.5 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Nigata 300

Nigata SN-200-AE	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	80	80	30	50	30	80
t (Second)	3.00	4.00	1.00	6.00	30.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	21.72	28.96	2.71	27.15	81.45	14.48
t 1 Cycle	46.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.18					

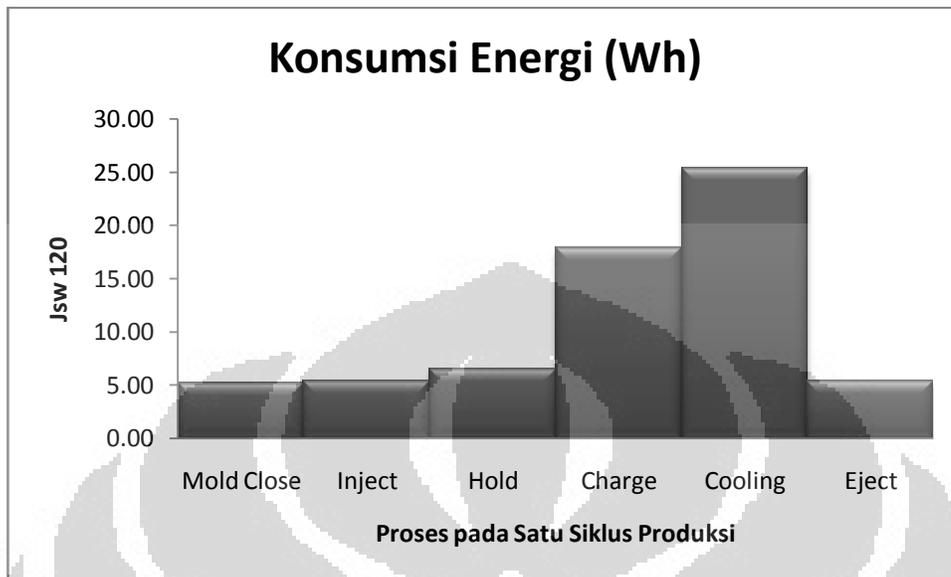
Tabel 4.6 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Nigata 200



Gambar 4.6 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Nigata 200

JSW J120-SAII	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	38	20	24	26	20	30
t (Second)	1.50	3.00	3.00	7.60	14.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	5.16	5.43	6.52	17.88	25.34	5.43
t 1 Cycle	31.10					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.07					

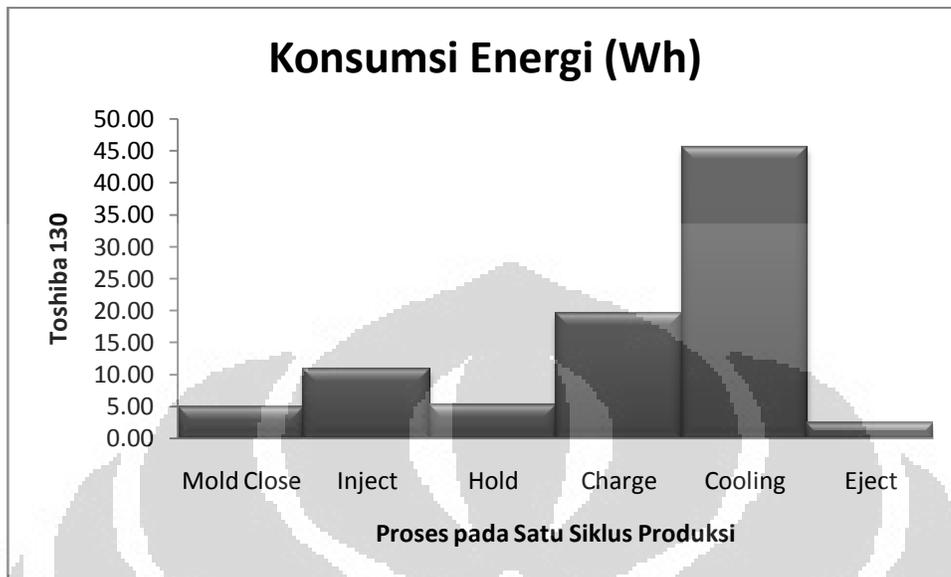
Tabel 4.7 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin JSW 120



Gambar 4.7 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin JSW 120

Toshiba IS 0130-FA3-10A	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	18	30	20	24	14	14
t (Second)	3.00	4.00	3.00	9.00	36.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	4.89	10.86	5.43	19.55	45.61	2.53
t 1 Cycle	57.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.09					

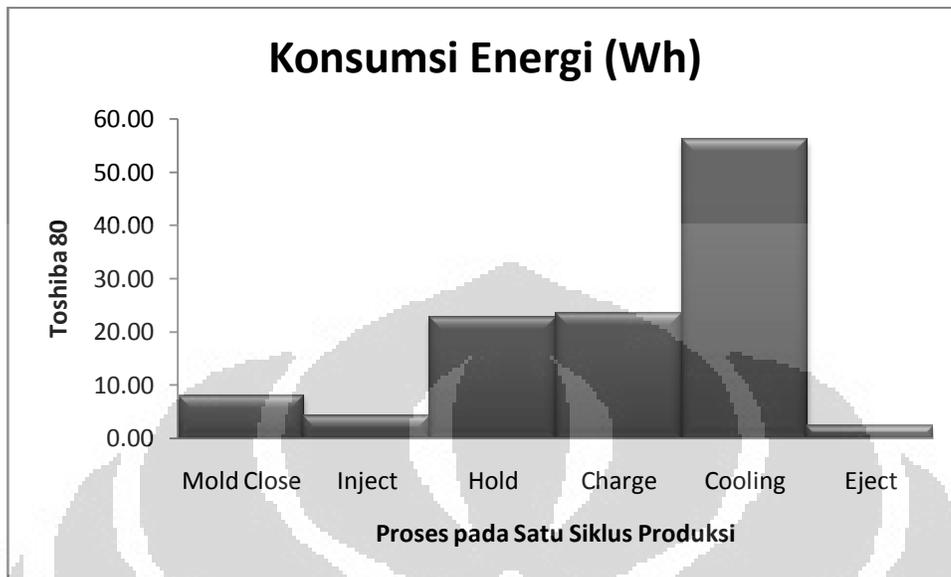
Tabel 4.8 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Toshiba 130



Gambar 4.8 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Toshiba 130

Toshiba IS-80-EPN	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	30	12	14	26	27	14
t (Second)	3.00	4.00	18.00	10.00	23.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	8.14	4.34	22.81	23.53	56.20	2.53
t 1 Cycle	60.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.12					

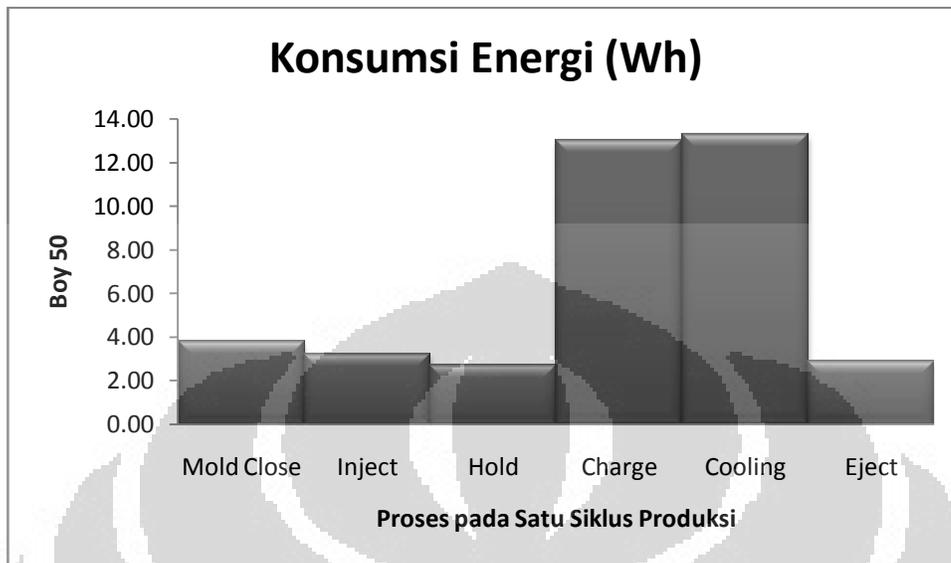
Tabel 4.9 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Toshiba 80



Gambar 4.9 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Toshiba 80

Boy 50-T2	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	14	12	10	12	7	8
t (Second)	3.00	3.00	3.00	12.00	21.00	4.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	3.80	3.26	2.71	13.03	13.30	2.90
t 1 Cycle	46.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.04					

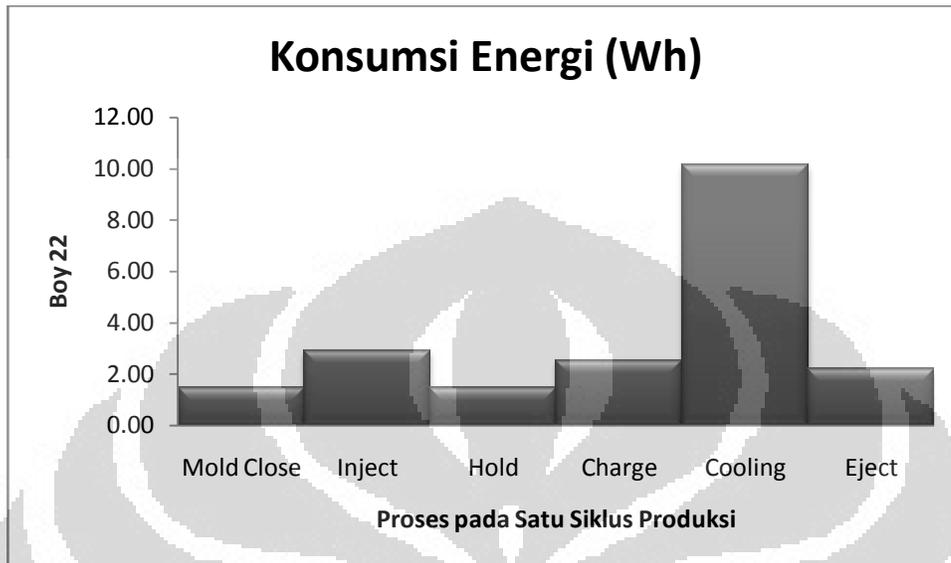
Tabel 4.10 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Boy 50



Gambar 4.10 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Boy 50

Boy 22-S	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	16	16	16	14	16	12
t (Second)	1.00	2.00	1.00	2.00	7.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	1.45	2.90	1.45	2.53	10.14	2.17
t 1 Cycle	15.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.02					

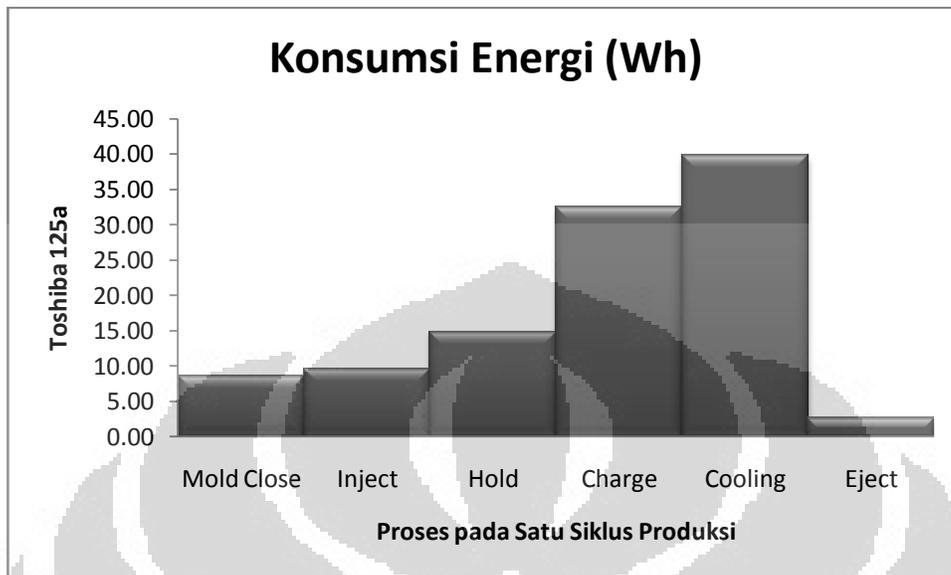
Tabel 4.11 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Boy 22



Gambar 4.11 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Boy 22

Toshiba IS-125-CNII	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	24	26	22	30	20	20
t (Second)	4.00	4.10	7.50	12.00	22.00	1.50
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	8.69	9.65	14.93	32.58	39.82	2.71
t 1 Cycle	51.10					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.11					

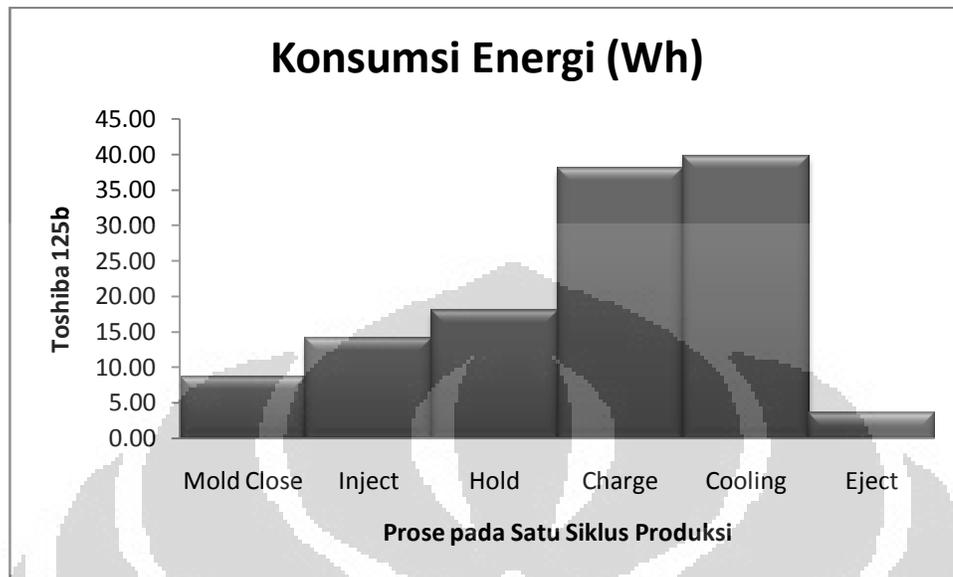
Tabel 4.12 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Toshiba 125a



Gambar 4.12 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Toshiba 125a

Toshiba IS-125-CNII	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	24	26	22	30	20	20
t (Second)	4.00	6.00	9.00	14.00	22.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	8.69	14.12	17.92	38.01	39.82	3.62
t 1 Cycle	57.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.12					

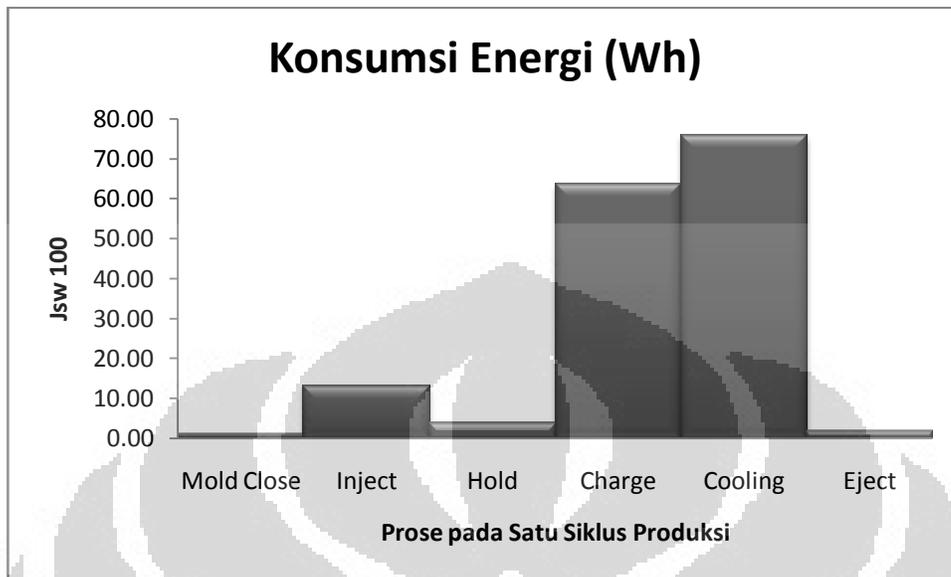
Tabel 4.13 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin Toshiba 125b



Gambar 4.13 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin Toshiba 125b

Jsw N-100-BII	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	24	24	22	22	20	20
t (Second)	0.50	6.00	2.00	32.00	42.00	1.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	1.09	13.03	3.98	63.71	76.02	1.81
t 1 Cycle	83.50					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.16					

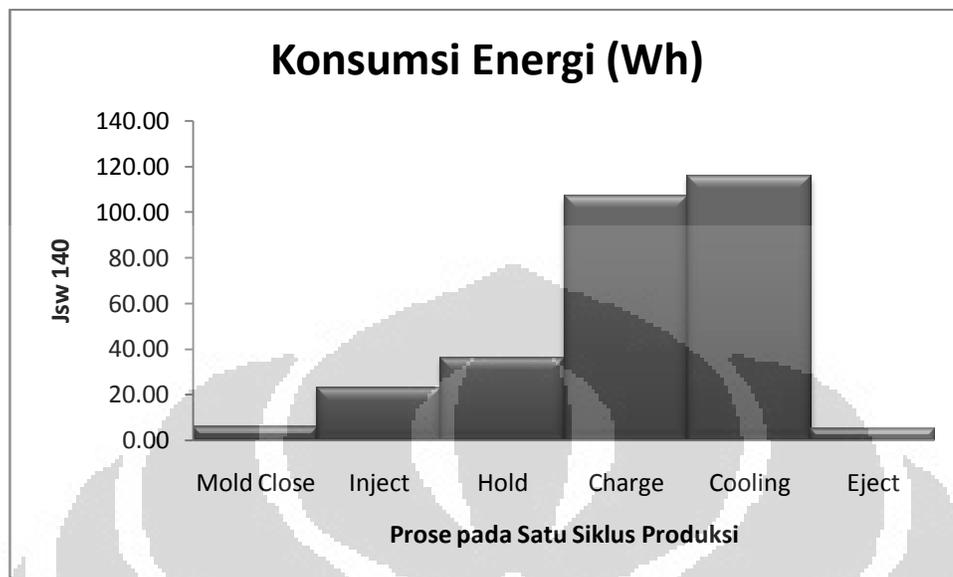
Tabel 4.14 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin JSW 100



Gambar 4.14 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin JSW 100

Jsw N-140-BII	Mold Close	Inject	Hold	Charge	Cooling	Eject
I (Ampere)	34	42	40	32	32	30
t (Second)	2.00	6.00	10.00	37.00	40.00	2.00
Voltase	220	220	220	220	220	220
Power Factor	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855
Konsumsi Energi	6.15	22.81	36.20	107.15	115.84	5.43
t 1 Cycle	97.00					
Konsumsi Energi tiap Cycle (kWh)	0.29					

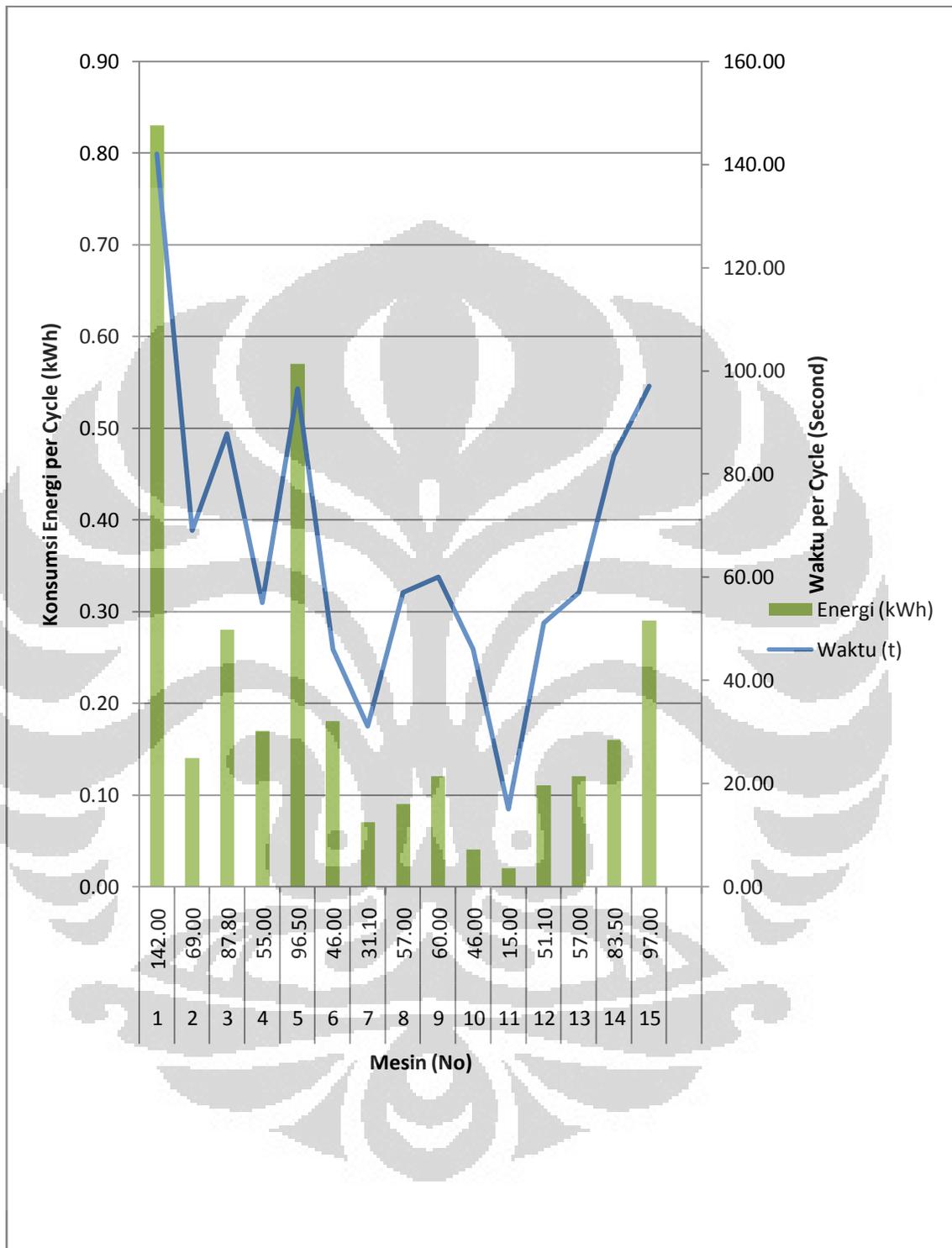
Tabel 4.15 Hasil pengukuran konsumsi energi per cycle pada mesin JSW 140



Gambar 4.15 Grafik konsumsi energi pada tiap proses pada mesin JSW 140

Tabel 4.16 Daftar nilai t cycle dan konsumsi energi seluruh mesin

No.	Clamping Force (Ton)	Brand	Type	t 1 cycle (s)	Konsumsi Energi tiap cycle (kWh)
1	470	Tien -Fa	IS – 1140 - FN	142.00	0.83
2	160	Nissei	FS – 160 – S36 ASE	69.00	0.14
3	264	Nissei	FS – 260 – S71 ASE	87.80	0.28
4	150	Meiki	M -150 - AII	55.00	0.17
5	300	Nigata	SN – 301 – BE	96.50	0.57
6	200	Nigata	SN – 200 – AE	46.00	0.18
7	120	Jsw	J 120 – SA II	31.10	0.07
8	130	Toshiba	IS 0 130-FA3–10 A	57.00	0.09
9	80	Toshiba	IS – 80 – EPN	60.00	0.12
10	50	Boy	50 - T2	46.00	0.04
11	22	Boy	22 –S	15.00	0.02
12	125	Toshiba	IS- 125- CNII	51.10	0.11
13	125	Toshiba	IS – 125 – CNII	57.00	0.12
14	100	Jsw	N – 100 – BII	83.50	0.16
15	140	Jsw	N – 140 - BII	97.00	0.29



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan waktu per cycle dan konsumsi energi setiap mesin

4.2 PERBANDINGAN WAKTU PROSES DAN TEMPERATUR PADA TIGA MESIN UTAMA

Pada bagian ini dihitung injection tim, cooling time dan temperatur ejector pada tiga mesin injection moulding pada sebuah industri injection moulding yaitu mesin Toshiba IS-125 CNII, Toshiba IS-80 CNII dan BOY 50T2. Dengan menggunakan persamaan 3 dan 5 serta data yang diperoleh didapat nilai dengan perhitungan sebagai berikut

4.2.1 Perhitungan pada Injection Time

a. Mesin Injection Moulding Toshiba IS-125 CNII

Dari data dan pengamatan diketahui :

$$V_s = 250 \text{ cm}^3$$

$$P_i = 1570 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_j = 22 \text{ kW}$$

Dengan menggunakan rumus,

$$t_f = \frac{2V_s p_i}{P_j} \text{ seconds}$$

$$t_f = \frac{2 \times 250 \times 10^{-6} \times 1,57 \times 10^8}{22 \times 10^3}$$

$$t_f = \mathbf{3,568 \text{ s}}$$

Dari perhitungan di atas didapat injection time sebesar **3,568 s**

Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui injection time yang diterapkan sebesar **4,1s**.

b. Mesin Injection Moulding Toshiba IS-80 CNII

Dari data dan pengamatan diketahui :

$$V_s = 140 \text{ cm}^3$$

$$P_i = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_j = 18,5 \text{ kW}$$

Dengan menggunakan rumus,

$$t_f = \frac{2Vspi}{P_j} \text{ seconds}$$

$$t_f = \frac{2 \times 145 \times 10^{-6} \times 1,6 \times 10^8}{18,5 \times 10^3}$$

$$t_f = \mathbf{2,508 \text{ s}}$$

Dari perhitungan di atas didapat injection time sebesar **2,508 s**

Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui injection time yang diterapkan sebesar **4s**.

c. Mesin Injection Moulding BOY 50T2

Dari literatur yang ada didapat injection time yang dianjurkan sebesar **1s**.

Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui injection time yang diterapkan sebesar **3s**.

4.2.2 Perhitungan pada Cooling Time

a. Mesin Injection Toshiba IS-125 CNII

Mesin ini pada proses produksi menggunakan material Acrylonitrile - Butadiene-Styrene (ABS) Arbelac 750 White 7057 untuk produksi impeller.

Dari data dan pengamatan diketahui :

$$h = 4 \text{ mm}$$

$$T_x = 82 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_m = 54 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 260 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$a = 0.13 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Dengan menggunakan rumus,

$$t_c = \frac{h_{\max}^2}{\pi^2 \alpha} \log_e \frac{4(T_i - T_m)}{\pi(T_x - T_m)} \text{ s}$$

$$t_c = (4)^2/0.13\pi^2 \times \text{Log} (4(260-54) \text{ } ^\circ\text{C}/\pi(82-54) \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$t_c = \mathbf{12,13 \text{ s}}$$

Dari perhitungan di atas didapat injection time sebesar **12,13 s**

Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui cooling time yang diterapkan sebesar **22 s**.

b. Mesin Injection Toshiba IS-80 CNII

Mesin ini pada proses produksi menggunakan material Polypropylene (PP) W.101.E untuk produksi Over Flow W 75.

Dari data dan pengamatan diketahui :

$$h = 4 \text{ mm}$$

$$T_x = 88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_m = 38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 218 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a = 0.08 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Dengan menggunakan rumus,

$$t_c = \frac{h_{\max}^2}{\pi^2 \alpha} \log_e \frac{4(T_i - T_m)}{\pi(T_x - T_m)} \text{ s}$$

$$t_c = (4)^2/0.08\pi^2 \times \text{Log} (4(218-38) \text{ } ^\circ\text{C}/\pi(88-38) \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$t_c = \mathbf{13,41 \text{ s}}$$

Dari perhitungan di atas didapat injection time sebesar **13,41 s**

Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui cooling time yang diterapkan sebesar **21 s**.

c. Mesin Injection BOY 50T2

Mesin ini pada proses produksi menggunakan material Polyphenylene Oxide (POM) Jupital untuk produksi Nozzle.

Dari data dan pengamatan diketahui :

$$h = 4 \text{ mm}$$

$$T_x = 102 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_m = 82 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 232 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a = 0.12 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Dengan menggunakan rumus,

$$t_c = \frac{h_{\max}^2}{\pi^2 \alpha} \log_e \frac{4(T_i - T_m)}{\pi(T_x - T_m)} \text{ s}$$

$$t_c = (4)^2 / 0.12 \pi^2 \times \text{Log} (4(232-82) \text{ } ^\circ\text{C} / \pi(102-82) \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$t_c = \mathbf{13,25 \text{ s}}$$

Dari perhitungan di atas didapat injection time sebesar **13,25 s**

Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui cooling time yang diterapkan sebesar **23s**.

4.2.3 Perbandingan Temperatur Injection

a. Mesin Injection Toshiba IS-125 CNII

Pada mesin ini proses produksi menggunakan material Acrylonitrile - Butadiene-Styrene (ABS) Arbelac 750 White 7057. Pada tabel 3.8 diketahui bahwa untuk material ini hanya dibutuhkan temperatur injection sebesar **260** °C. Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui temperatur yang diterapkan untuk injection sebesar **180-260** °C

b. Mesin Injection Toshiba IS-80 CNII

Pada mesin ini proses produksi menggunakan material Polypropylene (PP) W.101.E. Pada tabel 3.8 diketahui bahwa untuk material ini hanya dibutuhkan temperatur injection sebesar **218** °C. Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui temperatur yang diterapkan untuk injection sebesar **180-280** °C

c. Mesin Injection BOY 50T2

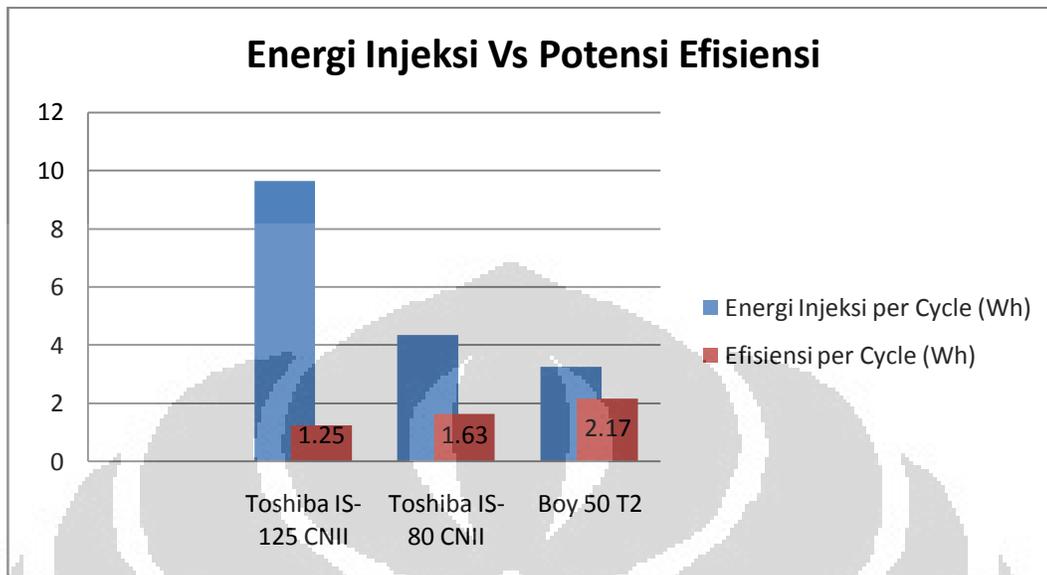
Pada mesin ini proses produksi menggunakan material Polyphenylene Oxide untuk produksi Nozzle. Pada tabel 3.8 diketahui bahwa untuk material ini dibutuhkan temperatur injection sebesar **232 °C**. Sementara perilaku material pada sebuah industri yang diambil datanya diketahui temperatur yang diterapkan untuk injection sebesar **240-315 °C**

4.2.4 Rekomendasi penghematan energi

Pada bagian ini disampaikan tentang kemungkinan penghematan energi yang bisa dilakukan mengacu pada perbandingan data dan perhitungan yang didapatkan melalui perhitungan literatur dengan data yang ditemukan di industri injection moulding. Perbandingan difokuskan pada nilai injection time, cooling time, dan temperature pada saat ejection. Berikut adalah rinciannya ;

Tabel 4.17 Kondisi energi pada proses Injeksi dan efisiensinya

Jenis Mesin	Teori		Aplikasi		Selisih per Cycle (Wh)
	Energi per Cycle (Wh)	t Injeksi Literatur (s)	Energi per Cycle (Wh)	t Injeksi Industri (s)	
Toshiba IS-125 CNII	8.40	3.57	9.65	4.1	1.25
Toshiba IS-80 CNII	2.71	2.5	4.34	4	1.63
Boy 50 T2	1.09	1	3.26	3	2.17

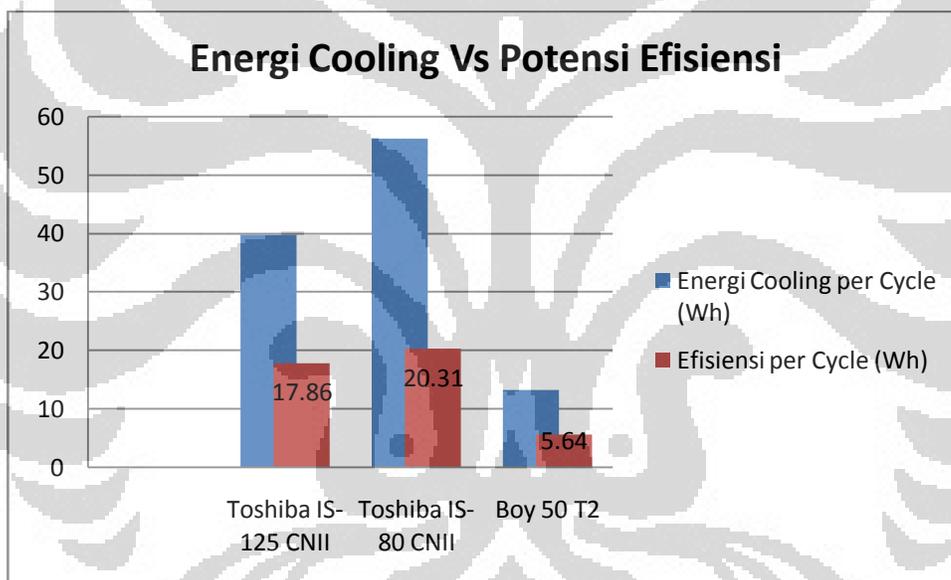


Gambar 4.17 Grafik Energi Injeksi dan Potensi Efisiensi

Pada Tabel 4.17 dan grafik 4.17 tergambar rekomendasi yang bisa dilakukan pihak industri untuk melakukan efisiensi energi. Dimana dengan melihat hubungan waktu injeksi dan energi injeksi yang dibutuhkan maka direkomendasikan agar pada proses injeksi, waktu injeksi disesuaikan dengan waktu hasil perhitungan. Hal ini dapat berdampak penghematan energi sebesar 1,25 Wh pada mesin Toshiba IS-125 CNII, 1,63 Wh pada mesin Toshiba IS-80 CNII dan 2.17 Wh pada mesin Boy 50 T2 pada satu kali putaran produksi atau satu cycle time. Hal ini akan berdampak jauh lebih besar lagi karena dalam sehari mesin beroperasi selama 24 jam non stop dan melakukan 1400an kali cycle time secara berulang.

Tabel 4.18 Kondisi Energi pada proses Cooling dan Efisiensinya

Jenis Mesin	Teori		Aplikasi		Selisih per Cycle (Wh)
	Energi per Cycle (Wh)	t Cooling Literatur (s)	Energi per Cycle (Wh)	t Cooling Industri (s)	
Toshiba IS-125 CNII	21.96	12.13	39.82	22	17.86
Toshiba IS-80 CNII	35.89	13.41	56.20	21	20.31
Boy 50 T2	7.66	13.25	13.30	23	5.64

**Gambar 4.18** Grafik Energi Cooling dan Potensi Efisiensi

Pada Tabel 4.18 dan grafik 4.18 ada beberapa rekomendasi yang bisa diberikan pada pihak industri untuk melakukan efisiensi energi. Dimana dengan melihat hubungan waktu cooling dan energi yang terpakai saat cooling sedang berlangsung maka direkomendasikan agar pada proses cooling, dapat dilakukan pengurangan waktu coling sesuai dengan waktu hasil perhitungan. Hal ini dapat berdampak penghematan energi sebesar 17,86 Wh pada mesin Toshiba IS-125 CNII, 20,31 Wh pada mesin Toshiba IS-80 CNII dan 5,64 Wh

pada mesin Boy 50 T2 pada satu kali putaran produksi atau satu cycle time. Hal ini akan berdampak jauh lebih besar lagi karena dalam sehari mesin beroperasi selama 24 jam non stop dan melakukan 1400an kali cycle time secara berulang.

Tabel 4.19 Kondisi Temperatur Injection mesin

No	Jenis Mesin	T Injection Industri (°C)	T Injection Literatur (°C)	Rekomendasi T Injection (°C)
1	Toshiba IS-125 CNII	180-260	260	255-265
2	Toshiba IS-80 CNII	180-280	218	210-220
3	Boy 50 T2	240-315	232	225-235

Pada tabel 4.19, untuk mesin Toshiba IS-80 CNII dapat direkomendasikan agar nilai T injection dapat difokuskan dikisaran 210-220 supaya menghindari energi yang akan terbuang pada temperature yang lebih tinggi lagi. Pada Mesin Boy 50T2 dapat direkomendasikan agar nilai T injection dpat difokuskan pada kisaran 225-235 °C. Sementara pada mesin IS-125 CNII terlihat nilai T injection yang lebih rendah dari nilai referensi, hal ini perlu dikaji ulang agar nilai T yang dibawah standard tidak berakibat pada cacat produk karena perlakuan yang kurang optimal, supaya bisa mengurangi produk yang tidak sesuai standard pada quality control dan tidak perlu pendaur ulangan produk yang justru memerlukan proses tambahan dan memakan energi dan sumber daya yang lebih besar.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan melakukan pengukuran pada arus listrik, cycle time, dan temperature material serta mengetahui beberapa spesifikasi mesin injection moulding pada salah satu industri plastic, dalam hal ini dikhususkan pada variasi tiga mesin injection moulding yaitu h jenis mesin Toshiba IS-125 CNII, Toshiba IS-80 CNII, serta Boy 50 T2 dengan beberapa material produk seperti Acrylenitrile Butadin Styrene (ABS) Arbelac 750 White 7057 didapat beberapa kesimpulan berikut :

- a. Konsumsi energi terbesar pada industri injection moulding dimiliki oleh unit mesin injeksi yaitu dengan total 346,275 kVA dari total 415 kVA yang terpasang dari PLN, dari nilai tersebut terdistribusi pada 18 mesin injeksi yang dimiliki. Pada mesin injeksi sendiri 70-80 % energi dikonsumsi pada motor elektrik untuk pembangkitan pompa hidrolik jadi analisa perhitungan konsumsi energi difokuskan pada bagian ini.
- b. Pada perhitungan konsumsi energi mesin injection moulding pada industri ini didapat nilai konsumsi terbesar terjadi pada mesin injeksi Tien-Fa dengan Clamping Force sebesar 470 Ton, cycle time selama 142 s, serta energi yang dihabiskan untuk satu kali siklus produksi sebesar 0,83 kWh. Energi terendah terjadi pada mesin Boy 22 dengan Clamping Force sebesar 22 ton, cycle time sebesar 15 s, dan total energi untuk satu kali siklus produksi sebesar 0.02 kWh.
- c. Kondisi Injection time yang diamati pada ketiga mesin yaitu Toshiba IS 125 CNII, Toshiba IS 80 CNII dan Boy 50 T2 masing-masing memiliki perbedaan antara waktu yang dianjurkan secara spesifikasi mesin, material dan literature dengan kondisi yang terjadi di industri tersebut. Yaitu pada Toshiba IS-125 CNII injection time industri sebesar 4,1s sementara pada injection time yang

dianjurkan sebesar 3,57 s, pada Toshiba IS-80 CNII injection time industri sebesar 4 s, sementara injection time yang dianjurkan sebesar 2, 5 s, dan pada Boy 50 T2 nilai t injeksi industri sebesar 3 s, sementara t injeksi yang dianjurkan sebesar 1 s. Selisih nilai tersebut merupakan potensi penghematan energi yang bisa dilakukan yang masing-masing pada Toshiba IS 125 CNII sebesar 1,25 Wh percycle, Toshiba IS 80 CNII sebesar 1,63 Wh percycle dan Boy 50 T2 sebesar 2,17 Wh percycle.

- d. Kondisi berikutnya yaitu cooling time yang diamati pada ketiga mesin, Toshiba IS 125 CNII, Toshiba IS 80 CNII dan Boy 50 T2 masing-masing memiliki perbedaan antara waktu yang dianjurkan secara spesifikasi mesin, material dan literature dengan kondisi yang terjadi di industri tersebut. Yaitu pada Toshiba IS-125 CNII cooling time industri sebesar 22 s sementara pada cooling time yang dianjurkan sebesar 12,13 s, pada Toshiba IS-80 CNII cooling time industri sebesar 21 s, sementara cooling time yang dianjurkan sebesar 13,41 s, dan pada Boy 50 T2 nilai t injeksi industri sebesar 23 s, sementara t cooling yang dianjurkan sebesar 13,25 s. Selisih nilai tersebut merupakan potensi penghematan energi yang bisa dilakukan yang masing-masing pada Toshiba IS 125 CNII sebesar 17,86 Wh percycle, Toshiba IS 80 CNII sebesar 20,31 Wh percycle dan Boy 50 T2 sebesar 5,64 Wh percycle.
- e. Nilai T injector pada ketiga mesin tersebut dapat difokuskan pada angka yang mendekati nilai T injector literature supaya tidak terjadi pemborosan energi maupun kemungkinan cacat produk pada nilai dibawah T literature. Pada Toshiba IS-125 CNII dapat diplot angka sekitar 255-265 °C, pada Toshiba IS-80 CNII pada angka 210-220 °C serta pada nilai 225-235 °C pada Boy 50 T2.
- f. Selain rekomendasi di atas, dimungkinkan juga untuk menambahkan mesin penunjang atau alat penghemat energi terutama inverter guna mengoptimalkan temperature yang terjaga pada saat proses produksi.

5.2 SARAN

Dari pengalaman yang saya dapatkan pada penelitian kali ini. Ada beberapa saran yang dapat di berikan untuk penelitian menggunakan alat selanjutnya, yaitu

- a. Pengamatan lebih jauh lagi terkait perbandingan usia mesin terutama berkaitan dengan performa motor hydraulic dengan efektifitas energi yang dikonsumsi. Factor usia mesin juga mungkin berpengaruh terhadap nilai konsumsi energi tersebut terutama untuk menghindari penggunaan energi yang boros.
- b. Temperatur juga merupakan nilai yang dapat dikaji lebih jauh lagi terutama hubungan antara potensi penghematan energi dengan temperature yang rendah dengan kemungkinan cacat produk pada saat nilai temperature dibawah standar.
- c. Penggunaan peralatan hemat energi tambahan juga salah satu factor yang mungkin untuk dikaji dengan melihat kemungkinan prosentase energi yang bisa dihemat dengan berbagai macam kondisi baik yang berasal dari mesin utama maupun yang berasal dari mesin tambahan itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____. *PT. Mitraindo Selaras Industri Company Profile*. Depok, 2000
2. Rosato, D.V., Rosato, D.V., and Rosato, M.G. *Injection Molding Handbook*. Kluwer Academic Publisher. Boston:2000
3. <http://injectionmoldingdesign.blogspot.com/2011/11/keseimbangan-energi-injection-molding.html>
4. Rustyady, Rudy. *Laporan Kerja Praktik : Proses Produksi Casing Ejector dengan Teknologi Injeksi Plastik*, Universitas Indonesia, Depok:2000
5. R. A. Malloy, *Plastic Part Design for Injection Molding—An Introduction*, Hanser Gardner Publications, Cincinnati, Ohio:1994.
6. Potsch, G. and Michaeli, W. *Injection Molding: An Introduction*, 2nd Edition, Carl Hanser, Munich:2007
7. Boothroyd, Geoffrey., Dewhurst, Peter., Knight, Winston., *Product Design for Manufacture and Assembly*, Third Edition, CRC Press, London:2001
8. Kahlenborn, Walter., Kabisch, Sibylle., Klein, Johana., Richter, Ina., Schurman, Silas., *DIN EN 16001: Energy Management Systems in Practice*, BMU, Berlin:2010
9. Handoyo, Ekadewi., Jonathan, Wahyudi., *Audit Energi Listrik pada Empat Mesin Injeksi Utama di PT MMM*, Surabaya:2007
10. *Harian Kompas.com*, ”Kebutuhan Listrik Tumbuh 5.500 MW Per Tahun”, 17 September 2011.
11. _____, *International Standard ISO/FDIS 50001*, ISO copyright office, Geneva:2011
12. McDermott, C.P. *Selecting Thermoplastics for Engineering Applications*, Marcel Dekker, New York:1984

13. Bernhardt, E.C. (ed.), *Computer-Aided Engineering for Injection Molding*, Hanser Publishers, Munich, 1983.
14. <http://suaramerdeka.com/v1/index.php/read/news/2011/12/13/104180/Konsumsi-Energi-Tertinggi-di-Sektor-Industri>
15. http://www.waspada.co.id/index.php?option=com_content&view=article&id=172675:sektor-industri-dominasi-konsumsi-energi-ri&catid=18&Itemid=95
16. Gingery, R.Vincent, *Secret of Building a Plastic Injection Moulding*, David J Gingery Publishing, Rogersville:2003.
17. <http://mould-technology.blogspot.com>
18. <http://www.invertchindo.com/productprint.php?cat=0&id=218>
19. <http://plastics-engineering.blogspot.com/>
20. http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=injection_molding_of_polymers
21. <http://www.iplas.com/USA/Useful%20Data/History.htm>
22. Menges, mohren, *How to make injection molds*, Hanser, 3rd edition,2001
23. *Design Handbook for Dupont Engineering Polymers*, E.I. du Pont de Nemours and Co. Inc.,1986