

Analisis System Kerja Mesin Injection Molding Haitian Ma2000 Pada Produksi *Super Mop* di PT Bolde Makmur Indonesia

Nasrudin

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Endi Permata

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Alamat : Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang,
Banten; telp (+62)83878648392

Correspondent Email: 2283210025@untirta.ac.id

Abstract

Nowadays, plastic has become a material that is inseparable from human life. Plastic is considered an easily available, practical, light and modern material. In order to be able to make a plastic product that suits what we want, of course we need adequate technology, both in terms of injection machines, injection molding, materials, methods and people. The way this injection molding machine works is by putting plastic pellets into a barrel which is then heated until it melts. The melted plastic is injected into the mold which is then cooled. After that, it is released from the mold and a plastic product is formed. Current analysis produces values of 23.2 A and 20 A, which are then used to calculate power in the injection molding process. The calculation results show a power of 8.7 KW and 7.5 KW based on the data obtained.

Keywords: Injection Molding; Working Principle of Injection Molding; Control Circuit; Power Injection Molding.

Abstrak

Pada masa kini, plastik telah menjadi bahan material yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia. Plastik dianggap sebagai bahan yang mudah didapatkan, praktis, ringan, dan modern. Agar bisa membuat sebuah produk plastik yang sesuai dengan apa yang kita kehendaki tentunya diperlukan sebuah teknologi yang memadai baik itu dari sisi mesin injection, cetakan injeksi, material, metode dan manusia. Cara kerja mesin injection molding ini adalah dengan memasukkan biji plastik ke dalam sebuah barel yang kemudian dipanaskan hingga meleleh. Plastik yang telah meleleh tersebut diinjeksi ke dalam cetakan yang kemudian didinginkan. Setelah itu, dilepaskan dari cetakan dan terbentuk suatu produk plastik. Analisis arus menghasilkan nilai sebesar 23.2 A dan 20 A, yang kemudian digunakan untuk menghitung daya pada proses injection molding. Hasil perhitungan menunjukkan daya sebesar 8.7 KW dan 7.5 KW berdasarkan data yang diperoleh.

Keywords: Injection Molding; Prinsip Kerja Injection Molding; Rangkaian Kontrol; Daya Injection Molding.

PENDAHULUAN

Pada saat ini plastik adalah bahan material yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan manusia, sebagai bahan yang sangat mudah untuk didapat, praktis, ringan serta modern. Agar bisa membuat sebuah produk plastik yang sesuai dengan apa yang kita kehendaki tentunya diperlukan sebuah teknologi yang memadai baik itu dari sisi mesin *injection*, cetakan injeksi, material, metode dan manusia. Dari berbagai macam parameter yang disebutkan, salah satu faktor yang dominan yaitu pengaturan parameter setting pada mesin *injection molding*. Di perusahaan tempat saya magang misalnya, masih banyak terjadi cacat produk, terutama masalah penyusutan (*shrinkage*) yang mengakibatkan menurunnya jumlah produksi. Produk plastik yang diteliti adalah produk *supermop*. Dimana produk ini dicetak dengan mesin injection molding yang menggunakan material *polipropylene*. Kegagalan dalam produk terjadi

ketika fitting terlalu longgar atau terlalu kencang, menyebabkan produk tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh kontrol kualitas.

Pada waktu proses (*cycle time*) pembuatan produk ini bervariasi, tergantung dari berbagai macam parameter yang berpengaruh pada pembuatan produk tersebut, Dari berbagai macam parameter tersebut, salah satu faktor yang dominan yaitu pengaturan parameter *setting* pada mesin *injection molding*. Dimana parameter tersebut dapat berpengaruh besar terhadap cacat produk *shrinkage*, yaitu *injection time* dan *backpressure*.

Pada saat ini para teknisi di tempat saya bekerja melakukan *setting* parameter proses mesin melalui cara *trial and error*, agar mendapatkan produk yang sesuai standar. Hal ini menyebabkan pada waktu proses (*cycle time*) yang kurang optimal. Dengan mengurangi waktu siklus produksi, jumlah barang yang diproduksi dapat meningkat sambil meminimalkan biaya produksi secara efisien.

Dari latar belakang masalah di atas maka masalah yang dapat penulis rumuskan yaitu sejauh mana pengaruh *Injection time* dan *backpressure* terhadap hasil cetak ember *supermop* dengan menggunakan proses *injection molding*.

Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisis bagaimana waktu injeksi dan tekanan balik pada proses injeksi mempengaruhi jumlah tekanan yang diperlukan untuk melakukan injeksi. Oleh sebab itu, pada artikel ini penulis akan membahas tentang menganalisa mesin *injection molding*.

TINJAUAN PUSTAKA

Injection molding adalah metode pengolahan biji polimer termoplastik yang dimasukkan kedalam hopper menuju barrel kemudian material tersebut didorong oleh screw untuk masuk kedalam cetakan (mold). *Injection molding* prosesnya menyerupai jarum suntik[1].

Proses *blow molding* adalah teknik pembentukan sebuah objek dari bahan plastik dengan cara memasukkan udara bertekanan ke dalam bahan plastik yang telah dibentuk sebelumnya menjadi bentuk *ember preform*. Kemudian bottle perform (bakalan plastik) yang telah dipanaskan pada suatu suhu tertentu dimasukkan ke dalam sebuah cetakan, sehingga nantinya bottle preform (bakalan plastik) dapat membentuk suatu pola atau model benda yang diinginkan sesuai cetakan (mold).

Dalam perancangan sistem konstruksi alat injeksi blowing yang akan digunakan untuk proses pembentukan ember dengan menggunakan bahan plastik jenis PET atau PE, diperlukan perhitungan dan pertimbangan yang cermat. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa selama

proses blowing, alat dapat beroperasi dengan lancar dan menghasilkan produk botol yang berkualitas tanpa cacat.

Produk plastik biasanya dibuat menggunakan mesin injeksi molding. Mesin ini memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat memproduksi massal dengan berbagai bentuk cetakan dan biaya produksi persatuan produk relatif murah.

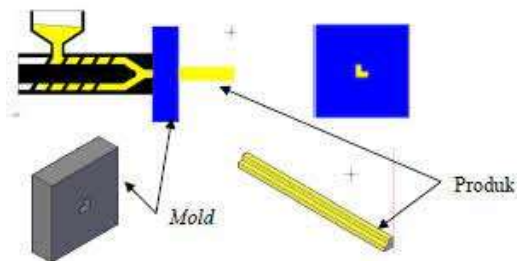
Cara kerja mesin ini adalah dengan memasukan biji plastik ke dalam sebuah barel yang kemudian dipanaskan hingga meleleh. Plastik yang telah meleleh tersebut diinjeksi ke dalam cetakan yang kemudian didinginkan. Setelah itu, dilepaskan dari cetakan dan terbentuk suatu produk plastik .

Proses injection molding terdapat lima komponen penting, yaitu bagian *injection unit*, *molding unit*, *clamping unit*, *tempering system*, dan mesin pengendali sistem. Kelima komponen ini merupakan satu kesatuan yang saling berhubungan secara otomatis[2]. Metode Injection Molding adalah teknik pembentukan sebuah objek kerja dari material komposit yang berbentuk butiran. Proses dimulai dengan menempatkan butiran material ke dalam *hopper*, kemudian material tersebut masuk ke dalam silinder injeksi. Selanjutnya, material didorong melalui *nozzle* dan *sprue bushing* ke dalam rongga cetakan (*cavity*) dari cetakan yang telah tertutup.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Mekanisme Sistem Kerja *Extrusion Molding*

Proses ekstrusi molding dan proses injection blow molding memiliki beberapa kesamaan. Pada proses ekstrusi blow molding, produk yang dihasilkan memiliki bentuk yang panjang, serupa dengan proses injection blow molding.



Gambar 1. Proses Extrusion Molding

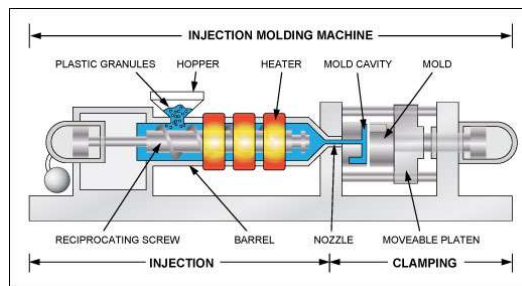
Berikut tahapan proses extrusion molding :

- 1) Pada bagian silinder mesin, bahan plastic (bakalan plastik) dipanaskan pada suhu tertentu hingga menjadi lunak (semi fluida).

- 2) Bakalan plastik yang telah dipanaskan hingga lunak kemudian dikeluarkan melalui forming die, yang merupakan lubang cetakan atau mold dengan profil tertentu, menggunakan tekanan yang sesuai.
- 3) Bakalan plastik yang telah dibentuk kemudian menghasilkan produk yang masih panas dan dilakukan proses pendinginan.
- 4) Setelah produk memiliki panjang yang diinginkan kemudian dipotong dengan alat pemotong khusus pada mesin extrusion tersebut.

2.2.2 Mekanisme Sistem Kerja *Injection Blow Molding*

Injection Blow Molding adalah proses pembentukan produk berbahan plastik dengan cara menginjeksikan terlebih dahulu bijih plastik yang akan diproses menjadi bakalan plastik (preform). Pada sistem injeksi terdiri dari komponen injection (pengisi) dan blower (peniup).



Gambar 2.. Proses *Injection Molding*

2.2.3 Mekanisme Sistem Kerja *Blow Molding*

Material yang telah membentuk akan mengeras dan dapat dikeluarkan dari cetakan karena adanya saluran pendingin di kedua sisi cetakan. Untuk memudahkan proses peniupan atau injeksi, dilengkapi dengan pisau pemotong pipa plastik yang dapat keluar dari kepala extruder untuk memotong material plastik. Berikut adalah tahapan proses blow molding secara umum:

- 1) Peleburan resin (plasticizing).
- 2) Pembuatan parison dengan cara *extrusion* atau pembuatan *perform* dengan cara injection.
- 3) Pemompaan menggunakan udara bertekanan pada parison atau preform, yang kemudian diikuti oleh proses pendinginan.
- 4) Pelepasan produk dari bagian cetakan(mold).

5) Pemangkasan (finishing) produk. Langkah pemangkasan biasanya dilakukan. Namun, beberapa di antaranya hanya mencapai langkah keempat dari proses tersebut.

2.2.4 Klasifikasi Plastik Berdasarkan Jenis Golongan

Plastik merupakan makromolekul yang dibentuk dengan penggabungan sekian molekul monomer melewati proses kimia menjadi molekul polimer (polimerisasi) [3]. Plastik memiliki berbagai macam jenis, yaitu High-Density Polyethylene (HDPE), Low-Density Polyethylene (LDPE), dan Polystyrene (PS). Plastik jenis HDPE, yang memiliki kode nomor 2, merupakan jenis plastik yang relatif tahan dan memiliki tingkat ketahanan terhadap korosi yang rendah. HDPE juga memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi kontaminasi dari larutan kimia, serta mudah didaur ulang. Jenis plastic LDPE adalah jenis plastik dengan kode nomor 4, memiliki karakteristik yang lunak atau lembek. Serta, jenis plastik PS adalah jenis plastik dengan kode nomor 6, dengan karakteristik kekakuan dan kestabilan dimensi baik.

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastic dan thermosetting. Thermoplastik adalah jenis bahan plastik yang dapat meleleh dengan mudah saat dipanaskan pada suhu tertentu, dan dapat dibentuk kembali menggunakan metode daur ulang atau cetakan. Plastik jenis ini juga dapat diproses kembali menjadi bahan daur ulang. Sementara itu, thermosetting adalah jenis plastik yang diproduksi dalam bentuk padatan, sehingga tidak dapat dilelehkan kembali atau didaur ulang.

Jenis *Thermoplastics*

Plastik jenis thermoplastics merupakan jenis plastik yang memiliki kemampuan untuk didaur ulang atau dicetak kembali dengan beberapa proses dan metode. Jenis plastik yang termasuk dalam golongan thermoplast adalah : PE, PET, PP, dll.

Polypropylene (PP)

Polypropylene (PP) adalah salah satu jenis polimer termoplastik yang paling umumdigunakan. Ini adalah polimer yang memiliki sifat-sifat khas yang membuatnya sangat serbaguna dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. *Polypropylene* (PP) dapat menjadi bahan baku yang potensial untuk menghasilkan bahan bakar cair dan gas. Proses pirolisis pada *Polypropylene* (PP) melibatkan pemanasan plastik pada suhu tinggi dalam kondisi tanpa oksigen atau kondisi yang memiliki jumlah oksigen yang sangat terbatas. Ini mengakibatkan dekomposisi molekul polipropilen menjadi berbagai produk termal, termasuk bahan bakar cair yang dapat digunakan sebagai sumber energy[4]

2.2.5 Penentuan Material *Injection Blowing Tools*

Dalam perancangan *injection blowing tools*, pemilihan bahan material yang akan digunakan merupakan hal yang krusial. Material yang akan dipilih haruslah terjangkau secara harga, mudah ditemukan di pasaran, dan memiliki sifat ketangguhan serta kekuatan yang baik.

Spesifikasi Material Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai grade-nya. Elemen berikut ini selalu ada dalam baja: karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium[5]. Dalam konteks ini, baja dipilih sebagai salah satu material utama dalam perancangan untuk pembuatan alat *injection blowing*. Dikarenakan baja memiliki beberapa sifat mekanik, diantaranya sebagai berikut :

- 1) Kekuatan (*strength*) : Baja memiliki daya tahan yang cukup baik terhadap berbagai kemungkinan beban, termasuk tarikan, tekanan, geser, putaran, dan lenturan.
- 2) Kekerasan (*hardness*) : Terdapat beberapa proses dalam pembuatan baja terutama pada proses pendinginan, pada proses pendinginan tersebut dapat mempengaruhi sifat kekerasan dari baja tersebut.
- 3) Kekenyalan (*elasticity*) : Beberapa baja memiliki kemampuan dalam menerima tegangan yang diberikan tanpa mengakibatkan perubahan bentuk. Kemampuan tersebut juga dipengaruhi ketika proses pendinginan dilakukan dan juga campuran yang digunakan ketika proses pembuatan baja.
- 4) Kekakuan (*stiffness*) : Baja juga memiliki sifat kekakuan yang bervariasi, dimana beberapa jenis baja memiliki tingkat kekakuan yang tinggi. Biasanya, semakin tinggi kekakuan suatu baja, semakin rendah elastisitasnya.
- 5) Plastisitas (*plasticity*) : Plastisitas adalah kemampuan baja untuk mengalami deformasi permanen saat dikenai tegangan tertentu, seperti dalam proses rolling atau extruding.
- 6) Ketangguhan (*thoughness*) : Ketangguhan baja mengacu pada kemampuannya dalam menahan beban yang diberikan. Namun, tingkat ketangguhan ini bisa bervariasi tergantung pada dimensi baja, proses pembuatan, pendinginan, dan campuran bahan yang digunakan.

Baja karbon dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan kandungan kadar karbonnya.

- 1) Baja karbon rendah (low carbon steel) : 0,05% - 0,30% C.
- 2) Baja karbon menengah (medium carbon steel) : 0,30% - 0,60% C
- 3) Baja karbon tinggi (high carbon steel) : 0,60% - 1,50% C

Dari sifat-sifat mekanis ini baja memiliki kemungkinan besar untuk dijadikan sebagai material pokok dalam perancangan *injection blowing tools*. Dalam perancangan ini dituntut untuk mencari material yang mudah ditemukan dipasaran dengan harga yang terjangkau. Beberapa jenis baja yang umum ditemukan di pasaran antara lain baja plat, strip, dan baja batangan. Baja plat, strip dan baja batangan merupakan golongan dari baja jenis karbon rendah.

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) merupakan jenis baja dengan kadar karbon sekitar 0,10–0,30 %. Baja tersebut sering diperdagangkan dalam bentuk plat baja, baja strip, dan baja batangan atau profil dengan kode A36 (Murtiono, 2012).

Baja karbon A36 mengandung karbon dengan maksimum kisaran antara 0,25% hingga 0,29%, tergantung pada ketebalannya. Baja karbon struktural ini memiliki titik leleh 36 ksi (250 Mpa). Sehingga, baja yang memiliki kandungan karbon rendah bisa dipilih sebagai bahan utama karena keunggulan mekanisnya yang tangguh, memudahkan proses pembentukan rangka sesuai kebutuhan melalui pembengkokan, serta kemudahan dalam proses pengelasan dengan metode las listrik SMAW dan ketersediaannya yang luas di pasaran.

2.2.6 Penentuan dan Perhitungan Rancang Bangun Mesin

Dalam hal ini proses perhitungan adalah proses yang sangat penting dikarenakan dari hasil perhitungan ini akan didapatkan nilai angka aman ketika proses perancangan dilanjutkan ke proses pembuatan. Pada proses perancangan *injection blowing tools* ada beberapa komponen yang harus dianalisa yaitu menentukan bahan material apa yang akan digunakan kemudian menentukan besar kekuatan suatu susunan rangka kemudian dari hasil perhitungan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi jika material yang digunakan tersebut sesuai kriteria sebagai bahan baku pembuatan *injection blowing tools*, analisa jenis sambungan las dan menghitung besar kekuatan sambungan las, dan menentukan jenis *bolt*, *nuts*, dan *washer* yang akan dipakai pada *injection blowing tools*.

Perhitungan Tekanan Injeksi

Pada perancangan *injection blowing tools* perlu di analisa untuk pemakaian tekanan udara yang akan digunakan ketika proses injeksi dilakukan agar dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan model dari profil *mold cavity*. Tekanan merupakan suatu jenis gaya yang berkerja pada satuan luas bidang tekan atau dengan definisi lain bahwa tekanan adalah gaya persatuan luas. Dalam desain perkakas injeksi, penggunaan tekanan gas dalam prosesnya menjadi relevan. Pada tahap proses injeksi, udara dari kompresor akan dialirkan ke dalam

preform botol yang telah dipanaskan melalui alat injeksi, memungkinkan preform botol untuk mengembang dan mengambil bentuk sesuai dengan profil dari rongga cetakan (*mold cavity*).

Pada perencanaan berapa besar tekanan yang akan digunakan pada proses injeksi dapat digunakan rumus dari hukum Boyle “hasil kali tekanan dan volume dalam ruang tertutup adalah tetap (konstan) selama suhu gas tetap”. Persamaan hukum Boyle : $PV = C$. $P_1 V_1 = P_2 \cdot V_2$.

2.2.8 Motor Listrik Pada Mesin Injection

Motor Induksi

Motor Induksi adalah peralatan elektromekanik yang digunakan dalam berbagai aplikasi industri untuk mengubah tenaga listrik menjadi energi mekanik. Gerakan mekanik tercipta karena aliran arus

listrik melalui konduktor yang terdapat di dalam medan magnet, sehingga terjadi gaya dorong yang memutar perangkat tersebut[6]. Inilah yang menghasilkan energi mekanik. Motor induksi memiliki aplikasi luas di berbagai sektor termasuk pembangkit tenaga listrik, industri kertas, ladang minyak, dan pabrik lainnya.

Motor ini digunakan secara luas untuk menggerakkan pompa, conveyor, mesin press, elevator, dan berbagai peralatan lainnya. Di antara berbagai jenis motor listrik, motor induksi menjadi favorit karena keandalannya yang tinggi, kemampuannya yang kokoh, harga yang terjangkau, serta efisiensi daya yang cukup tinggi. Selain itu, perawatannya juga relatif mudah.

Kerusakan pada motor induksi dapat terjadi karena proses penuaan alami serta faktor-faktor terkait dengan pola operasinya. Stres elektrik dan mekanik adalah contoh kerusakan yang disebabkan oleh pola operasi tersebut. Stres mekanik dapat timbul karena beban berlebih atau perubahan beban yang tiba-tiba, yang dapat merusak bantalan dan mematahkan batang rotor. Sementara itu, stres elektrik biasanya terkait dengan masalah sumber tegangan. Sebagai contoh, motor induksi yang digerakkan oleh AC drive dapat mengalami stres elektrik akibat frekuensi tinggi dari arus stator, serta overvoltage yang dihasilkan oleh panjang kabel antara motor dan AC drive, yang dapat menyebabkan pantulan gelombang tegangan transien. Stres elektrik ini dapat menyebabkan korsleting pada belitan stator, yang berpotensi merusak motor induksi secara keseluruhan.

Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya adalah Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik[7]. Daya listrik

didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Peranti mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas seperti pada pemanas listrik, cahaya seperti pada bola lampu, energy kinetik motor listrik, dan suara loudspeaker. Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpan energy seperti baterai.

Listrik Arus bolak-balik listrik AC adalah arus listrik dimana besarnya dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik. Berbeda dengan listrik arus searah dimana arah arus yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik biasanya berbentuk gelombang sinusoida, karena ini yang memungkinkan pengaliran energi yang paling efisien. Namun, dalam aplikasi-aplikasi khusus lainnya, berbagai bentuk gelombang bisa digunakan, seperti gelombang segitiga (triangular wave) atau gelombang kotak (square wave). Secara umum, arus bolak-balik mengacu pada penyaluran listrik dari sumbernya, misalnya PLN ke kantor-kantor atau rumah-rumah penduduk. Namun, ada juga contoh lain seperti sinyal-sinyal radio atau audio yang disalurkan melalui kabel, yang juga merupakan arus bolak-balik. Dalam aplikasi-aplikasi ini, tujuan utama yang paling penting adalah untuk mengekstraksi informasi yang telah dimodulasi atau dikodekan di dalam sinyal arus bolak-balik tersebut.

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Satuan International daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir persatuan waktu (Joule/s) dan dirumuskan sebagai berikut:

$$P = V \cdot I$$

Dimana:

P = adalah daya (watt atau W).

I = adalah arus (ampere atau A).

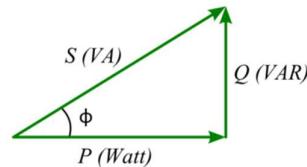
V= adalah perbedaan potensial (volt atau V).

Segitiga Daya

Segitiga Daya adalah suatu hubungan antara daya nyata, daya semu, dan daya reaktif, yang dapat digambarkan dalam bentuk vektor segitiga[8]. Daya semu, daya nyata, dan daya reaktif dianggap sebagian engineer sebagai sesuatu yang sulit untuk dipahami. Terutama karena sulitnya untuk mengimajinasikan daya-daya tersebut. Memahami konsep daya semu, daya nyata, dan daya reaktif sebenarnya cukup mudah jika kita memiliki pemahaman yang luas mengenai sistem jaringan listrik AC. Namun, untuk dapat memahami konsep ini dengan baik,

kita perlu terlebih dahulu memahami tiga jenis beban listrik AC, yaitu beban resistif, induktif, dan kapasitif. Jika Anda belum memahami ketiga jenis beban tersebut, Anda bisa membaca pembahasan yang telah kami jelaskan dalam artikel tentang pengertian beban Resistif, Induktif, dan Kapasitif dalam jaringan Listrik AC.

Daya listrik sendiri dapat didefinisikan sebagai kecepatan aliran energi listrik pada satu titik dalam jaringan listrik selama satu satuan waktu. Satuan yang digunakan untuk daya listrik adalah watt atau joule per detik dalam sistem internasional (SI). Konsep daya listrik mencakup baik produksi energi listrik oleh pembangkit maupun penyerapan energi listrik oleh beban listrik. Dari penjelasan ketiga macam daya diatas tersebut, dikenal juga dengan Segitiga Daya. Pengertian umum dari Segitiga Daya adalah bahwa itu mencerminkan keterkaitan antara daya nyata, daya semu, dan daya reaktif, yang tergambar dalam representasi visual berbentuk segitiga.



Gambar 3 Segitiga Daya

Daya Aktif

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang sebenarnya digunakan oleh konsumen untuk kebutuhan sehari-hari pada peralatan yang menggunakan sumber energi listrik dan diwajibkan oleh PLN untuk membayar kebutuhan energi yang dihitung berdasarkan lamanya pemakaian yang diukur dengan kWh meter yang mengalir dari sisi sumber ke sisi beban yang bernilai rata-rata tidak nol[9].

Contoh penggunaannya adalah pada perangkat elektronik misalnya pada setrika listrik untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas. Daya ini sering digunakan secara luas oleh konsumen dan sebagai satuan yang dipergunakan untuk mengukur daya listrik, yang kemudian dapat dikonversikan ke dalam bentuk kerja.

Daya Semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA[10]. Daya semu dinyatakan dengan satuan Volt-Ampere, menyatakan kapasitas peralatan listrik, seperti yang tertera pada peralatan generator,

transformator dan bahkan di KWh meter rumah kita daya semu atau disebut juga dengan daya total (S), pada gambar di atas adalah apparent power. Daya total tersebut dapat sebagian dihamburkan atau diserap kembali ke dalam rangkaian arus bolak-balik (AC). Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S = V \times I$$

Keterangan :

$$S = \text{Daya semu (VA)}$$

$$V = \text{Tegangan (V)}$$

$$I = \text{Arus listrik (A)}$$

Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan total daya yang dibutuhkan dalam proses pembentukan medan magnet. Dari proses tersebut akan terbentuk suatu fluks medan magnet. Transformator, lampu pijar, inverter merupakan contoh-contoh yang menimbulkan daya reaktif. Daya reaktif bisa dikatakan juga sebagai hasil perkalian tegangan dan arus. Satuan dari daya reaktif adalah VAR (*Volt Ampere Reaktif*)[11]. Daya reaktif (Q) cukup sulit untuk didefinisikan, secara sederhana daya reaktif adalah daya imajiner (khayal) yang menunjukkan adanya pergeseran arus dan tegangan listrik akibat adanya beban reaktif.

$$Q = V \cdot I \sin \rho \text{ (1 phase)}$$

Keterangan :

$$Q = \text{Daya Reaktif (Var)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus listrik (Ampere)}$$

$$\sin \rho = \text{Faktor daya}$$

Faktor Daya

Faktor daya adalah ukuran efisiensi penggunaan dalam daya sistem listrik dan dapat digunakan sebagai pengoptimalan daya reaktif[12]. Faktor daya ($\cos \rho$) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam $\cos \phi$.

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Nyata (S)}} \\ &= kW/Kva \end{aligned}$$

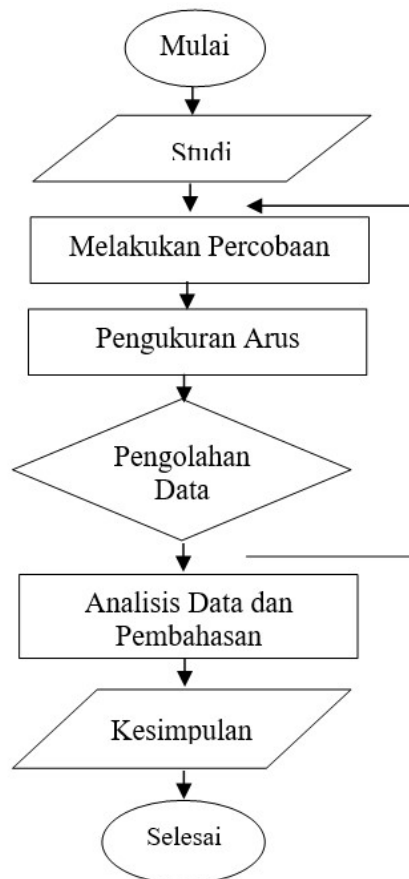
$$= V.I \cos q / V.I$$
$$= \cos q$$

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu. Jika tegangan mendahului arus dalam siklus listrik, faktor daya ini disebut lagging. Faktor daya lagging terjadi ketika beban bersifat induktif, seperti pada motor induksi, AC, dan transformator.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder.
- 2) Mengumpulkan referensi-referensi sebagai sumber informasi dalam melakukan penelitian.
- 3) Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengukuran arus pada saat mesin sedang melakukan pressure.
- 4) Melihat name plate mesin sebagai acuan perhitungan data-data yang diperlukan.
- 5) Setelah itu, data dikumpulkan sebagai bukti bahwasannya percobaan sudah dilakukan.



Bagan 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja Mesin Injection Molding Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya dan tegangan yang dihasilkan oleh injection molding dengan pressure yang berbeda. Untuk melakukan penelitian terlebih dahulu penulis melakukan pemahaman tentang rancang bangun injection molding, dan komponen-komponen penting yang ada pada mesin injection molding penelitian.

Dalam proses perancangan alat pembentuk *injekstion molding*, beberapa komponen memerlukan analisis, termasuk penentuan bahan material yang akan digunakan dan menetapkan kekuatan yang diperlukan untuk rangka struktur, lalu dari hasil perhitungan tersebut pakai untuk mengetahui jika material yang digunakan tersebut sesuai kriteria sebagai bahan baku pembuatan injection blowing tools, analisa jenis sambungan las dan menghitung besar kekuatan sambungan las, serta menentukan jenis bolt, nuts, dan washer yang akan digunakan pada injection blowing tools.

Sistem Pengendalian Motor Listrik adalah adalah sejumlah kegiatan mulai dari memasang, merakit, mengamankan, dan mengoperasikan motor hingga pesawat tersebut dapat bekerja dengan aman. Pengawatan motor listrik merujuk pada proses merakit atau menghubungkan motor listrik dengan perlengkapannya untuk membentuk suatu sistem instalasi motor listrik. Pengendalian motor listrik dapat dilakukan secara manual, semi otomatis, maupun otomatis.

Sistem control yang digunakan pada mesin injection molding MA2000 menggunakan PLC TECH2 yang berfungsi sebagai prosesor mesin untuk memberikan perintah keseluruhan dan untuk rangkaian motor injection ini menggunakan rangkaian star-delta

Sistem Kelistrikan dan Kontrol Motor

Pada mesin injection molding dalam penelitian ini motor yang akan menggerakkan piston untuk melakukan press dan menggerakkan bagian-bagian penting pada mesin menggunakan system star delta.

Rangkaian Star Delta adalah suatu perangkat starter yang berperan dalam mengurangi lonjakan arus starting yang tinggi, yang juga dikenal sebagai inrush current, pada motor listrik. Namun, perangkat ini tidak mengurangi torsi pada motor tersebut. Cara kerjanya adalah dengan mengubah konfigurasi gulungan motor listrik dari hubungan star, yang memiliki lonjakan arus kecil saat starting, menjadi hubungan delta saat operasi normal. Kemudian menggunakan timer untuk menjeda perpindahan dari Hubungan Star ke Delta yang mempunyai Arus kecil dan Torsi yang kuat.

Adanya rangkaian start dan delta di motor adalah untuk mengurangi beban power supply saat pertama kali motor di hidupkan. Dengan rangkaian delta saat pertama kali motor dihidupkan lonjakan arus bisa sampai 6x arus nominal (I_n) motor itu sendiri karena setiap coil langsung diberikan tegangan di RST sebesar 380VAC, ($R-S, R-T, S-T = 380V$). Dengan beban awal yang begitu besar akan membuat sumber listrik trip/down, dengan menggunakan rangkaian start beban awal bisa lebih kecil karena diberi tegangan masing masing coil hanya sebesar 220 VAC, ($R-N, S-N, T-N = 220 V$) dan teknisi akan menggunakan koneksi start di awal.

Secara sederhana, dalam proses perancangan, terdapat beberapa objektif yang perlu ditentukan, seperti fungsi, estetika, manufacturability, dan banyak lainnya. Keberhasilan produk akhir ditentukan oleh apakah objektif yang telah ditetapkan pada awal perancangan telah terpenuhi atau tidak.

Namun, produk yang sesuai dengan rancangan tidak selalu berarti produk yang baik. Kekacauan atau malfungsi pada produk dapat terjadi karena kurangnya ketelitian dalam proses desain. Oleh karena itu, proses perancangan produk biasanya diakhiri dengan tahap uji produksi untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan.

Analisa Penelitian

Mengetahui total daya dan arus yang diberikan pada proses injection molding sangat penting, terutama jika kita menginginkan hasil yang optimal untuk performa produk dan untuk memperpanjang umur mesin, karena dengan mengetahui daya dan arus kita bisa menyesuaikan data yang didapatkan dengan spesifikasi mesin yang harusnya dicapai. Dari table dibawah ini penulis mendapatkan hasil pengukuran dengan melakukan beberapa kali percobaan, yang sesuai dengan yang penulis inginkan.

Maka penulis ingin memberitahukan hasil dari penelitian yang dilakukan dimana dalam pengambilan data setiap 5 menit, dan melakukan jeda percobaan setiap 20 menit dan pengumpulan data yang dilakukan, data diambil dari Tang ampere. Berikut data table penelitian:

Table 1. Pengukuran Arus Mesin *Injection Molding*

No	Waktu <i>cycle time</i>	Preform	Tang Ampere
1	30s	1 buah	Nilai Arus A= 23,2 A
2	30s	1 buah	Nilai Arus A= 20 A

Tegangan didapatkan dari name plate mesin atau bisa juga dengan melihat tegangan menggunakan 1 phase (220 V) atau 3 phase (380 V).



Gambar 4. Name Plate Mesin Injection Molding

Table 2. Hasil percobaan pengukuran Arus Mesin injection molding

Percobaan 1	Hasil
P	8.7 KW
Q	149,8 VAR
S	8.8 KVA
Percobaan 2	Hasil
P	7.5 KW
Q	129 VAR
S	7.6 KVA

1. Percobaan I

Dalam percobaan ini, terdapat nilai tegangan (V) sebesar 380 V dan arus (I) sebesar 23.2 A, serta faktor daya ($\cos \rho$) sebesar 0,99. Tujuan percobaan ini adalah untuk menghitung daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S).

$$\text{Dik : } V = 380 \text{ V}$$

$$I = 23.2 \text{ A}$$

$$\cos \rho = 0,99 \text{ Dit :}$$

$$P, Q, S = ?$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \rho$$

$$= 380 \cdot 23,2 \cdot \cos (0,98)$$

$$= 8.7 \text{ KW}$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \rho$$

$$\begin{aligned} &= 380. 23,2 . \text{Sin} (0,98) \\ &= 149,8 \text{ VAR} \\ S &= V.I \\ &= 380 . 23,2 \\ &= 8.8 \text{ KVA} \end{aligned}$$

2. Percobaan II

Pada percobaan kedua, nilai tegangan (V) dan arus (I) sama dengan percobaan pertama, yaitu 380 V dan 20 A. Namun, faktor daya ($\text{Cos } \rho$) berubah menjadi 0,98. Tujuan percobaan ini sama dengan percobaan sebelumnya, yaitu untuk menghitung daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S).

$$\begin{aligned} \text{Dik : } V &= 380 \text{ V} \\ I &= 20 \text{ A} \\ \text{Cos } \rho &= 0,98 \\ \text{Dit : } P, Q, S &= ? \\ P &= V.I.\text{Cos } \rho \\ &= 380 . 20 . \text{Cos} (0,98) \\ &= 7.5 \text{ KW} \\ Q &= V.I.\text{Sin } \rho \\ &= 380 . 20 . \text{Sin} (0,98) \\ &= 129 \text{ VAR} \\ S &= V.I \\ &= 380 . 20 \\ &= 7.6 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Pada kedua percobaan, telah dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai daya aktif, reaktif, dan semu berdasarkan nilai tegangan, arus, dan faktor daya yang diberikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian Analisis Sistem Kendali Mesin Injetion Molding MA2000 baik secara pengukuran maupun secara perhitungan dari titik-titik uji yang telah ditentukan. Maka bisa diambil kesimpulan yaitu :

1. Proses perancangan injection blowing ada beberapa komponen yang harus dianalisa yaitu menentukan bahan material apa yang akan digunakan kemudian menentukan besar

kekuatan suatu susunan rangka kemudian dari hasil perhitungan tersebut digunakan untuk mengidentifikasi jika material yang digunakan tersebut sesuai kriteria sebagai bahan baku pembuatan injection blowing.

2. Sistem kontrol yang digunakan pada mesin injection molding MA2000 menggunakan PLC TECH 2 yang berfungsi sebagai prosesor mesin untuk memberikan perintah keseluruhan dan untuk rangkaian motor injection ini menggunakan rangkaian star-delta.
3. Dari penelitian mesin injection maka didapatkan Arus 23.2 A dan 20 A yang menandakan pada saat proses pressure pertama, Injection akan menghasilkan Arus yang lebih besar dikarenakan Nozzle akan lebih ringan untuk mendorong bahan plastic setelah pertama kali digunakan. Dan daya yang dihasilkan sebesar 8.7 KW dengan perubahan daya menjadi 7.5 KW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini. Khususnya pada manager dan supervisor dan rekan-rekan yang bekerja diPT.Bolde Makmur Indonesia yang telah membantu dan mengarahkan penulis selama magang disana dan kepada dosen pembimbing yang telah membimbing hingga terbitnya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S Wibawansyah & Ali Akbar. "Identifikasi Cacat Produk Pada Proses Injection Molding". *Procedia of Engineering and Life Science* Vol. 7. 2024.
- [2] I.S Mulyana. "ANALISA PENGARUH CACAT PRODUK AIR TRAPS PADA SIMULASI INJECTION MOLDING". *JURNAL JUIT* Vol 3 No. 1, 2024. pISSN: 2829-6936, eISSN: 2828-6901, Page 74-80
- [3] D.H Winata & N. Rachmat. (2023). "IMPLEMENTASI METODE *BACKPROPAGATION* DALAM MENGLASIFIKASI JENIS PLASTIK HDPE, LDPE, DAN PS". *2ND MDP STUDENT CONFERENCE (MSC) 2023* E-ISSN:2985-
- [4] D.S Auliyah, D.A Rahmani, M.I Ramadhan, Agustina, D. Setyowati, A. Irawan, Sulanjari. "Strategi Inovatif Dalam Meningkatkan Kinerja PemanfaatanLimbah Plastik Sebagai Bahan Bakar Melalui Metode Pirolisis". *ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin* Vol.3, No.2, . 2024.
- [5] D. Irwandi, F. Rohman."ANALISIS PERENCANAAN GEDUNG KAMPUS 1 UNSWAGATI DENGAN MENGGUNAKAN KONSTRUKSI BAJA SNI 1729-2015". *Jurnal Konstruksi*. 2020. ISSN : 2085-8744

- [6] T.P.A Setiawan, A Purwatiningsih, H Putranto, Sujito, S.N Mustika, M.R Faiz , M.C Bagaskoro, Aripriharta. "RANCANG BANGUN SENSORLESS (MINIMUM SENSOR) KONTROL MOTOR INDUKSI 1 FASA PADA MESIN PERONTOK PADI". JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan) Vol. 12 No. 2,2024. pISSN: 2303-0577 eISSN: 2830-7062<http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v12i2.3986>
- [7] A.D Cahyo, S. Anardani, Y.P. Yuda. "Prediksi Beban Daya Listrik (W) Menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM) Pada Listrik Token Rumah Tangga". Jurnal Jurnal Sains Dan Teknologi (JSIT) Vol. 4 No. 2024. ISSN :2807-7393 Hal. 70-77.
- [8] Rusdiansyah, C. Sarri, Toyib. "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Efisiensi Pembebanan Pada RSUD I.A. Moeis Samarinda". Mutiara: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia, Vol. 1, No. 1, Juli 2023. e-ISSN : 3025-1028 Available at: <https://jurnal.tigamutiara.com/index.php/jimi/index>
- [9] F Tobaa,V.A Suotha,H.S Kolibua, H.I.R Moseya, As'aria, D.P Pandaraa. "Analisis Perbandingan Daya Listrik saat Sebelum dan Sesudah Variasi Kapasitor pada Beban listrik Rumah Tangga". URNAL MIPA 13 (1) 11-17, 2023. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jmuo/index>
- [10] H.M Al Jabbar, M.F Hakim. "Analisis Efektivitas Daya Dan Energi Pada Sistem Pembersih Solar PV 2 × 50 Wp dengan Metode Lateral Movement". Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi, 2023. ISSN: 2460-5549 | E-ISSN: 2797-0272
- [11] A Zhafran, A Triyanto, H Permana. "Analisa Pengaruh Nilai Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung Treasury Tower". Seminar Riset Mahasiswa – Computer & Electrical (SERIMA-CE). Vol. 1, No. 1, 2023 [homepage:http://seminarsetup.com/id/serima](http://seminarsetup.com/id/serima)
- [12] Y Sinaga, K.B Adam,F.Y Suratman. "Optimasi Daya Reaktif Untuk Tegangan Pada Pv Inverter Di Gedung Deli".e-Proceeding of Engineering : Vol.11, No.1 Februari 2024 ISSN : 2355-9365