

Transforming Industry Through Hydraulic Solutions, Enhancing Productivity

Mengubah Industri Melalui Solusi Hidraulik, Meningkatkan Produktivitas

Ghulam Muhammad Abdu Sari¹, Rachmat Firdaus²

Email coresponding author: ghulamsaleho4@gmail.com

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Abstract. *This study investigates the workings of such systems in Indonesia, focusing on the flow and pressurization of oil from reservoirs through pumps to working cylinders. Hydraulic systems are crucial in transforming oil fluid pressure into mechanical work, particularly in injection molding machines. Findings indicate that the pump's ability to convert and transmit mechanical energy effectively is pivotal in enhancing machine efficiency. These insights highlight potential areas for improvement in system design and operation, suggesting that optimizing filtration and pressurization could significantly boost industrial productivity and sustainability.*

Keywords – *Hydraulic System; Injection Molding Machine; System Works*

Abstrak. *Studi ini menyelidiki cara kerja sistem tersebut di Indonesia, dengan fokus pada aliran dan tekanan oli dari reservoir melalui pompa ke silinder yang bekerja. Sistem hidraulik sangat penting dalam mengubah tekanan fluida oli menjadi kerja mekanis, khususnya pada mesin cetak injeksi. Temuan menunjukkan bahwa kemampuan pompa untuk mengubah dan mentransmisikan energi mekanis secara efektif sangat penting dalam meningkatkan efisiensi alat berat. Wawasan ini menyoroti area potensial untuk perbaikan dalam desain dan operasi sistem, menunjukkan bahwa mengoptimalkan penyaringan dan tekanan dapat secara signifikan meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan industri.*

Kata Kunci - *Sistem Hidrolik,; Mesin Injeksi Molding; Cara Kerja Sistem*

1.PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang kemasan atau kontainer plastik dan printing. Perusahaan berdiri sejak tanggal 12 Agustus 1993 memberikan solusi untuk kebutuhan di bidang kemasan kontainer, dengan produk dan desain printing yang berkualitas, sesuai dengan standart mutu ISO 9001:2008. Setelah satu dekade berdiri mampu menjadi perusahaan yang berkembang dan prospektif di masa yang akan datang, ini terbukti dengan meningkatnya jumlah karyawan dan kapasitas produksi, dengan dukungan mesin injection beraneka ragam kapasitas. PT X merupakan anak perusahaan yang memiliki 78 anak perusahaan dengan lebih dari 300 brand di Indonesia bergerak di beberapa bidang yang berbeda seperti: consumer goods, property, hospitality, health, lifestyle, distribution, hingga cafe dan resto. Produk utama yang dihasilkan adalah produk kemasan tabung plastik untuk kebutuhan industri cat, kimia dan makanan dengan berbagai macam ukuran dan model. Produk lain yang dihasilkan adalah produk kebutuhan rumah tangga (houseware) dari plastik yang dikenal dengan Moorlife. Penjualan produk tersebar ke seluruh Indonesia, dengan konsentrasi penjualan di daerah Indonesia bagian Timur.

Perkembangan teknologi yang semakin cepat dampak positif yang dapat dirasakan oleh seluruh kehidupan manusia seperti kemudahan dalam berkomunikasi, kemudahan dalam berpindah tempat dan kemudahan-kemudahan lainnya yang sering kita rasakan. kedua dampak ini secara tidak langsung telah mempengaruhi pola berfikir dan kemampuan manusia sehingga perlu adanya sarana peningkatan kualitas SDM yang dimiliki setiap individu sehingga dapat bersaing dalam era persaingan bebas seperti ini[1]. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya peralatan canggih yang diciptakan oleh manusia dan berkemampuan lebih unggul dibanding dengan peralatan yang konvensional. Keunggulan itu tidak terlepas dari penelitian minimal tanpa *finishing*. *Injeksi molding* adalah suatu daur proses pembentukan plastik kedalam bentuk yang diinginkan dengan cara menekan plastik cair kedalam kedalam sebuah cetakan. Proses *injection molding* secara luas digunakan pada industri untuk memproduksi produk geometris rumit yang dibentuk dengan produktifitas dan ketelitian tinggi dan dengan biaya yang relatif rendah. Pada proses *injection molding* dengan pengaturan parameter penekanan, penahanan, waktu penekanan, waktu penahanan yang tepat dapat meningkatkan kualitas produk dan menghemat biaya produksi. Hal ini dikarenakan parameter proses yang pada umumnya dilakukan oleh sistem hidraulik merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan untuk keberhasilan proses produksi melalui *injection molding*[2]. Sistem hidraulik biasanya diaplikasikan untuk memperoleh

gaya yang lebih besar dari gaya awal yang dikeluarkan. Fluida penghantar ini dinaikkan tekanannya oleh pompa yang kemudian diteruskan ke silinder kerja melalui pipapipa saluran dan katup-katup[3].

Aktuator mesin *injection molding* terbagi menjadi dua macam yaitu menggunakan *motor servo* atau menggunakan sistem hidrolik, kedua macam tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Menggunakan *motor servo* mempunyai kelebihan yaitu tingkat presisi yang tinggi, tingkat kebisingan yang rendah dan tidak rumit dalam melakukan perbaikan tetapi mempunyai kekurangan yaitu harga yang sangat mahal serta rangkaian mekanik yang sangat rumit sedangkan menggunakan sistem hidrolik mempunyai kelebihan yaitu lebih murah dibandingkan *motor servo*, tingkat presisi yang tinggi dan rangkaian mekanik yang mudah tetapi mempunyai kekurangan yaitu mudah terjadi kebocoran, mudah terjadi perubahan temperatur pada oli sistem hidrolik[4] Sistem hidrolik secara luas telah dipergunakan untuk berbagai macam alat. Sistem yang dikembangkan dari hukum pascal ini menjadi salah satu ilmu yang vital penggunaannya di dunia industri. Mulai dari usaha kecil semacam tempat pencucian mobil sampai dengan industri besar seperti mesin molding[5] Sistem hidrolik adalah sistem penerusan daya dengan menggunakan fluida cair. Minyak mineral adalah jenis fluida yang sering dipakai. Prinsip dasar dari sistem hidrolik adalah memanfaatkan sifat bahwa zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap, namun menyesuaikan dengan yang ditempatinya. Zat cair bersifat inkompresibel. Karena itu tekanan yang diterima diteruskan ke segala arah secara merata[6].

Sistem hidrolik menggunakan tekanan aliran oli untuk pekerjaan mekanis. Tekanan cairan oli dihasilkan oleh pompa yang digerakkan oleh motor listrik atau mesin lainnya. Pada umumnya pengoperasian pompa hidrolik menggunakan motor listrik sebagai penggerak. Alasan penggunaan motor listrik sebagai penggerak adalah motor listrik dapat dengan mudah dikendalikan oleh sistem penggerak, putaran motor listrik stabil dengan bantuan sistem penggerak hidrolik[7]. Sistem hidrolik ini merupakan suatu sistem ilmu terapan yang biasanya menggunakan cairan oli yang bergerak secara linier maupun melingkar. Cara kerja sistem ini sesuai dengan teori Pascal, yang berarti bahwa ketika tekanan diterapkan pada cairan, tekanan didistribusikan secara merata ke segala arah[8]. Prinsip awal sistem hidrolik yaitu memanfaatkan bahwa sifat fluida itu tidak memiliki bentuk yang tetap, tetapi membentuk cairan sesuai dengan wadah yang ditempatinya. Cairan tidak dapat dimampatkan. Maka dari itu, penerimaan tekan kemudian disalurkan secara menyeluruh ke setiap arah[9].

Namun ada juga permasalahan yang terjadi di Perusahaan khususnya pada sistem hidrolik mesin *injection moulding* model dari hasil studi lapangan, wawancara dan observasi. Terdapat beberapa masalah yang ditemukan dari sistem hidrolik mesin *injection moulding* ini diantaranya oli hidrolik kotor, filter oli kotor dan rusak, kebocoran seal akuator, bearing motor aus, valve kondisi kotor, kebocoran saluran penghubung oli hidrolik, timbul suara tidak normal pada sistem. Untuk mencegah terjadinya kegagalan sistem hidrolik maka perlu adanya perawatan dan perbaikan sistem hidrolik untuk meminimalisir kerusakan komponen dan berfungsi secara optimal.

II.METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif yang meliputi: (1) *Monitoring magang* hal ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja sistem hidrolik pada mesin *injection moulding*. (2) Komponen sistem hidrolik pada mesin *injection moulding*. (3) Perawatan sistem hidrolik pada mesin *injection moulding*.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem hidrolik adalah sistem penerusan daya dengan menggunakan fluida cair. Minyak mineral adalah jenis fluida yang sering dipakai. Prinsip dasar dari sistem hidrolik adalah memanfaatkan sifat bahwa zat cair tidak mempunyai bentuk yang tetap, namun menyesuaikan dengan yang ditempatinya. Zat cair bersifat inkompresibel. Karena itu tekanan yang diterima diteruskan ke segala arah secara merata.

A. Komponen Sistem Hidrolik

1. Tangki

Tangki hidrolik sebagai wadah fluida/oli yang dipakai pada sistem hidrolik, berikut contoh tangki hidrolik terdapat pada Gambar 1



Gambar 1. Tangki Hidrolik Mesin *Injection Molding*

Oli panas yang dikembalikan dari aktuator diturunkan suhunya menggunakan pendingin oli (oil cooler) sebelum kembali ke tangki. Untuk menjaga kondisi oli yang baik selama pengoperasian mesin, maka dilengkapi dengan filter yang mencegah kembalinya kotoran ke tangki.

2. Pompa Hidrolik

Pada pompa hidrolik, pompa digerakkan secara mekanis menggunakan motor listrik. pompa hidrolik berperan sebagai pengubah energi dari mesin menjadi energi yang bertekanan dengan cara fluida hidrolik ditekan untuk masuk ke dalam sistem. Berikut contoh pompa hidrolik terdapat pada Gambar 2



Gambar 2. Pompa Hidrolik Mesin *Injection Molding*

Dalam rangkaian sistem hidrolik, pompa adalah alat yang menjadi pembangkit aliran fluida (memindah fluida dalam jumlah tertentu) dan menghasilkan tekanan sesuai keperluan. Ketika motor menggerakkan suatu pompa, pada dasarnya pompa sedang melaksanakan dua fungsi utama:

- a. Pompa menimbulkan kevakuman pada sebagian masuknya saluran pompa. Vakum itu memungkinkan tekanan udara mendorong cairan dari reservoir ke pompa.
- b. Gerakan mekanis pompa menarik cairan masuk ke rongga pemompaan, kemudian mendorong serta memberi tekanan untuk masuk pada sistem hidrolik.

3. Katup/Valve

Dalam suatu sistem hidrolik, fungsi katup yaitu yang mengatur besaran tekanan pada aliran fluida yang mencapai silinder kerja. Berikut contoh katub/valve terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Katup/Valve Pengatur Arah Aliran

Katup hidrolik dibagi menjadi tiga jenis sesuai dengan tujuannya, antara lain:

a. **Katup sebagai Pengontrol Tekanan**

Katup sebagai pengontrol tekanan merupakan jenis katup yang tugasnya untuk mengontrol tekanan dengan mengembalikan sebagian atau semua oli ke tangki ketika tekanan pada sistem hidrolik berada pada batas tekanan yang telah ditentukan.

b. **Katup sebagai Pengontrol Aliran**

Katup sebagai pengontrol aliran merupakan jenis katup yang tugasnya untuk mengatur masuknya aliran oli ke komponen .

c. **Katup sebagai Pengontrol Arah Aliran**

Katup sebagai pengontrol arah aliran merupakan jenis katup yang tugasnya mengatur arahan gerak pada aktuator dengan mengubah arah pada aliran oli.

4. Silinder Hidrolik

Silinder hidrolik adalah komponen yang utama dalam mengubah dan meneruskan tenaga tekanan fluida, sehingga menyebabkan fluida tersebut menekan piston yang merupakan satu-satunya bagian yang bergerak melakukan gerak translasi yang kemudian diteruskan ke bagian-bagian mesin oleh batang piston. Berikut contoh silinder hidrolik terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Silinder Hidrolik Mesin *Injection Molding*

Silinder kerja ganda. Silinder kerja ganda ini adalah silinder dengan dua ruang fluida di dalam silinder, yaitu ruang pada silinder di atas piston dan ruang pada silinder di bawah piston, meskipun ruang yang berada di atas piston lebih kecil ukurannya ketimbang ruang yang berada di bawah piston karena ruangnya sebagian ditempati dengan batang piston. Struktur ini memungkinkan silinder kerja bergerak maju mundur ataupun bolak-balik.

5. Saringan Oli (Oil Filter)

Saringan oli tentu fungsinya yaitu menyaring kotoran dari oli hidrolik dan dipakai pada saluran tekanan. Berikut contoh saringan oli terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Saringan Oli di Mesin *Injection Moulding*

Tempat filter yaitu berada didalam tangki, tepatnya di pintu masuk pompa hidrolik. Filter ini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi pada peralatan hidrolik dan memperpanjang umur penggunaannya.

6. Fluida Hidrolik

Unsur yang tak kalah penting selanjutnya yaitu fluida hidrolik. Fluida hidrolik sendiri adalah bahan yang memberikan energi pada peralatan hidrolik serta untuk melumasi peralatan apapun, selain itu fluida hidrolik berfungsi sebagai sarana untuk menghilangkan panas yang dihasilkan dari peningkatan tekanan serta meredam kebisingan dan getaran. Suatu fluida hidrolik diharuskan memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Memiliki viskositas suhu yang cukup dan tidak berubah dengan adanya perubahan suhu
- Dapat mempertahankan cairan pada suhu rendah serta tidak mudah berubah saat digunakan di bawah suhu
- Memiliki ketahanan yang baik ketika beroksidasi
- Tidak berkarat
- Tidak ada kerusakan terhadap cat dan karat karena adanya reaksi kimia
- Inkompresible (tidak dapat merapat_Mempunyai kecendrungan anti berbusa (tidak menjadi busa)

7. Pipa

Pipa termasuk suatu komponen penting yang mempunyai fungsi mengangkut serta menyalurkan tekanan fluida dari pompa generator ke silinder kerja. Berikut contoh pipa terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pipa di Mesin *Injection Moulding*

Mempertimbangkan kapasitas yang dibuat oleh silinder kerja, untuk memaksimalkan transmisi tekanan fluida kerja, maka pipa diharuskan memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Dapat menahan tingginya tekanan fluida
- Dapat dengan baik mendistribusikan panas
- Mampu bertahan pada tekanan dan suhu yang berubah-ubah
- Mampu bertahan pada cuaca yang berubah-ubah

- e. Relatif tahan lama
- f. Mampu bertahan pada korosi

B. Cara Kerja Sistem Hidrolik Mesin Injection Molding

Cara kerja sistem hidrolik adalah tangki yang berperan sebagai penampung oli sebelum menuju ke pompa hidrolik di saring terlebih dahulu menggunakan saringan oli, pompa hidrolik berperan sebagai pengubah energi dari mesin menjadi energi yang bertekanan dengan cara fluida hidrolik ditekan untuk masuk ke dalam sistem, pemindahan tenaga yang diberikan pada satu titik ke titik yang lain menggunakan penghantar cairan fluida cair berupa oli yang dimampatkan. Lalu fluida cair ini dinaikkan tekanannya oleh pompa yang di gerakkan oleh motor dan diteruskan melewati pipa-pipa menuju ke silinder kerja hidrolik. Di silinder ini akan merubah dan meneruskan tekanan fluida, Terdapat silinder kerja ganda, silinder ini adalah silinder dengan dua ruang fluida di dalam silinder, yaitu ruang pada silinder di atas piston dan ruang pada silinder di bawah piston, dengan demikian sehingga terciptalah fluida bertekanan untuk siap diubah menjadi tenaga press bertekanan tinggi.

C. Preventive Maintenance Sistem Hidrolik Mesin Injection Molding

Preventive maintenance dalam dunia manufaktur memainkan peranan penting yang mendasar dalam menjaga dan meningkatkan kondisi operasional mesin dan kualitas produk yang dihasilkan. Namun kebijakan preventive ini mempengaruhi waktu produktifitas yang tersedia dari sistem, oleh sebab itu kebijakan preventive maintenance perlu diambil secara bersama-sama mempertimbangkan kondisi aktual mesin dan dampak dampak kebijakan tersebut terhadap dampak pelayanan system.

Perawatan perbaikan merupakan suatu aktifitas pemeliharaan yang dilaksanakan apabila telah terjadi suatu kerusakan pada mesin maupun tidak berjalan dengan semestinya. Prosedur perawatan corrective ini bergantung pada pengetahuan dan keputusan manusia untuk menemukan komponen yang rusak, memperbaiki serta mengurangi waktu berhentinya mesin. Kegiatan perawatan ini juga berguna untuk mengubah sudut pandang karyawan khususnya operator mesin agar memiliki pola pikir untuk bertanggung jawab merawat dan menjaga mesin yang mereka gunakan dengan baik yang sangat diperlukan bagi setiap karyawan sebagai pelatihan alami. Berikut adalah kegiatan yang bisa dilakukan oleh seorang *preventive maintenance* yaitu :

Tabel 3. Kegiatan *Preventive Maintenance*

NO	MASALAH	AKTIVITAS <i>PREVENTIVE MAINTENANCE</i>
1	Adanya kotoran atau gram yang terdapat pada batang silinder. Gram tersebut dapat memicu terjadinya kerusakan apabila terus bergesekan dengan seal silinder hidrolik.	Langkah <i>preventive maintenance</i> yang dilakukan pada silinder hidrolik yaitu pengecekan, dan pembersihan secara terjadwal sehingga tidak terjadi Kembali kerusakan pada seal tabung hidrolik
2	Terjadi kebocoran pada konektor housing diakibatkan oleh konektor penghubung yang mengalami pelemahan kekuatan yang terjadi karena guncangan mesin.	Langkah yang bisa digunakan yaitu mengganti dengan konektor yang lebih solid dan tidak ada lagi terjadinya kebocoran.
3	Kerusakan pada tiebar yang terjadi karena adanya gesekan sehingga dapat memicu terjadinya suara tidak normal	Langkah yang bisa digunakan adalah memberi pelumas seperti oli lubrikasi untuk meminimalisir gesekan secara langsung
4	Terjadi rembesan oli disekitar pompa yang diakibatkan packing pompa yang sudah tidak maksimal	Langkah yang bisa diambil adalah melakukan pengecekan secara rutin kondisi pompa yang digunakan sepanjang waktu untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi sewaktu-waktu

5	Terjadi endapan kotoran yang menempel pada komponen filter oli	Langkah yang bisa dilakukan yaitu melakukan secara rutin pada komponen filter yang berdampak tidak ada lagi kotoran yang menempel sehingga memaksimalkan kinerja sistem
6	Terjadinya konsleting pada <i>directiona valve</i> yang disebabkan ole ceceran oli	Langkah yang bisa dilakukan yaitu membersihkan area valve secara rutin dan dipastikan valve tetap dalam kondisi kering
7	Terjadinya permasalahan pada <i>water chiller</i> yang disebabkan oleh <i>stariner</i> yang sudah kotor yang mengakibatkan laju air pendingin tidak lancar	Langkah yang bisa dilakukan yaitu mengecek kondisi aliran air apakah mengalir dengan normal atau tidak
8	Tidak adanya pengecekan aktual yang dilakukan secara terjadwal pada motor listrik, sehingga tidak diketahui apakah tegangan arus listrik mengalir didalam system kerja atau tidak	Langkah yang bisa dilakukan yaitu mengecek tegangan arus listrik yang ada di motor listrik

IV.KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan praktik kerja lapangan yang dilaksanakan selama kurun waktu kurang lebih dua bulan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem hidrolik adalah jenis transmisi tenaga yang menggunakan media penyalur berupa fluida cair untuk menghasilkan tenaga lebih besar dari tenaga yang dikeluarkan semula.
2. Prinsip kerja sistem hidrolik yaitu tangki sebagai penampung fluida disaring terlebih dahulu sebelum masuk ke pompa hidrolik untuk masuk kedalam sistem, lalu fluida tadi diteruskan menuju silinder kerja melalui pipa hidrolik, disilinder kerja ini akan mengubah tekan oli menjadi tenaga press bertekanan tinggi.
3. Perawatan pemeliharaan mesin harus dilakukan dalam upaya menjaga perform mesin tetap dalam kondisi yang baik, penentuan metode pemeliharaan ini sebaiknya mempertimbangkan beberapa aspek terkait dengan berjalannya aktifitas produksi berdasarkan dengan data historis kerusakan, karakteristik mesin, keandalan mesin dan juga biaya yang akan dikeluarkan untuk kegiatan pemeliharaan mesin tersebut. Apabila terjadi kesalahan metode penerapan pemeliharaan maka akan berdampak juga pada produksiperusahaan. Ada beberapa alternatif perawatan pemeliharaan menyesuaikan dengan aktivitas produksi dan memiliki biaya yang lebih rendah yang dapat di terapkan terutama pada unit produksi sistem hidrolik injection moulding dengan menggunakan metode preventive maintenance yang dapat diatur sendiri jadwal penerapannya.

V.SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan kegiatan ini bisa menjadi sebuah masukan serta rekomendasi yang bermanfaat bagi perusahaan yaitu dapat menerapkan kegiatan pemeliharaan mesin salah satunya dengan menggunakan metode preventive maintenance. Metode ini dapat disesuaikan dengan kegiatan produksi agar tidak mengganggu jalannya aktivitas produksi serta dapat mengoptimalkan kinerja dari mesin injection moulding.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang turut serta dalam kelancaran penelitian serta pembuatan artikel ini. Terutama kepada Perusahaan yang telah memberikan ijin tempat untuk melakukan analisa dan kepada pihak pembimbing yang telah membantu menyempurnakan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. N. Ilmi, D. Mardiyana, and O. Haris, "Analisis Penerapan Preventive Maintenance Terhadap Performa Sistem Hidrolik Mesin Injection Moulding Model Ft 420," *J. Permadi Perancangan, Manufaktur, Mater. dan Energi*, vol. 4, no. 3, pp. 129–147, 2022. DOI: 10.52005/permadi.v4i3.93.
- [2] H. Permana and S. Anwar, "Produksi Proses Komponen Plastik Flip Flop Dengan Mesin Injeksi Molding Type Hidrolik Production Process of Flip Flop Plastic Components with Hydraulic Type Injection Molding," *J. Baut dan Manufaktur*, vol. 3, no. 2, pp. 2686–5351, 2021.
- [3] J. J. Heckman, R. Pinto, and P. A. Savelyev, "Perancangan mesin hidrolik press bearing dengan kapasitas 20 Ton," *Angew. Chemie Int. Ed.*, vol. 6, no. 11, pp. 951–952, 2020.
- [4] A. Y. Rahmawati, "Injection Molding," no. July, pp. 1–23, 2020.
- [5] M. Al Haramain, R. Effendi, and H. A. Susilo, "Perancangan Silinder Hidrolik Pada Mesin Molding Karet Dengan Kapasitas 25 Ton," *J. Mesin Teknol. (SINTEK J.)*, vol. 11, no. 1, pp. 55–61, 2017.
- [6] A. Mathematics, "Root Cause Analysis Kerusakan Pin Toggle Clamp," pp. 1–23, 2016.
- [7] M. H. Laksono, I. Ummah, and H. K. Wardana, "Sistem Hidrolik Pada Mesin Injection Moulding Di PT. Preshion Engineering Plastec Surabaya," vol. 1, no. 2, pp. 23–31, 2023.
- [8] R. Suhendro, "Analisis Karakteristik Model Sistem Hidraulik Alat Angkat," 2020.
- [9] F. Johannaber, "Injection Molding Machines," 4th ed., Munich, Lanser, 2007.