

**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**OPTIMALISASI RANCANGAN MESIN CETAK INJEKSI**  
**BERINSTRUMENTASI UNTUK INDUSTRI KECIL**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD ILHAM**  
**1307230067**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN - I**  
**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**OPTIMALISASI RANCANGAN MESIN CETAK INJEKSI**  
**BERINSTRUMENTASI UNTUK INDUSTRI KECIL**

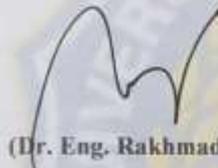
Disusun Oleh :

**MUHAMMAD ILHAM**

1307230067

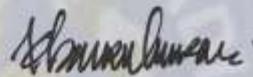
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing - I



(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)

Pembimbing - II



(Khairul Umurani, S.T., M.T.)

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

  
(Affandi, S.T., M.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN - II**  
**TUGAS SARJANA**  
**KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR**  
**OPOPTIMALISASI RANCANGAN MESIN CETAK INJEKSI**  
**BERINSTRUMENTASI UNTUK INDUSTRI KECIL**

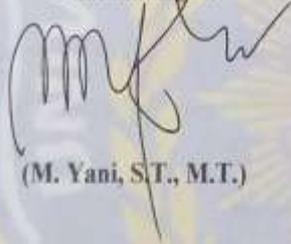
Disusun Oleh :

**MUHAMMAD ILHAM**  
1307230067

Telah Diperiksa dan Diperbaiki  
Pada Seminar Tanggal 08 September 2018

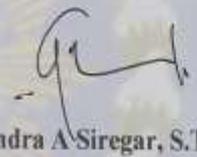
Disetujui Oleh :

Pembanding - I



(M. Yani, S.T., M.T.)

Pembanding - II



(Chandra A Siregar, S.T., M.T.)

Diketahui Oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Affandi, S.T., M.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2018**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
**FAKULTAS TEKNIK**  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan – 20238 Telp. (061) 6611233  
– 6622400 – 6624567 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474  
Website: <http://www.umsu.ac.id> E-mail: [rector@umsu.ac.id](mailto:rector@umsu.ac.id)

Bila menjadi rusak di agar dituliskan  
Nomor dan tanggalnya

**DAFTAR SPESIFIKASI**  
**TUGAS SARJANA**

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD ILHAM  
NPM : 130723067  
Semester : X (Sepuluh)  
SPESIFIKASI : Optimalisasi Rancangan Mesin Cetak  
Injeksi Berinstrumenasi untuk  
Industri Kecil

Diberikan Tanggal : Mei 2017  
Selesai Tanggal : 4 September 2018  
Asistensi : 1 (satu) Minggu Sekali  
Tempat Asistensi : Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera  
Utara

Diketahui oleh :  
Ka. Program Studi Teknik Mesin

Medan, 4 September 2018

Dosen Pembimbing – I

  
(Affandi, S.T., M.T.)

  
(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 8611233 – 8624567 –  
8622400 – 8610450 – 8619056 Fax. (061) 8625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Site: <http://www.umsu.ac.id>

DAFTAR HADIR ASISTENSI  
TUGAS SARJANA

NAMA : Muhammad Ilham PEMBIMBING I : Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar  
NPM : 1307230067 PEMBIMBING II : Khairul Umurani,S.T.,M.T.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	6/9/17	perbincangan ke-1	/
	13/1/18	perbincangan bab 2	/
	21/3/18	kegiatan bab 3	/
	29/5/18	kegiatan bab 4	/
	3/6/18	perbincangan	/
	9/9/18	kegiatan ke Bab II	/
		- Perbincangan Bab 5	/
	6/9/18	- Perbincangan perbincangan	/
	7/9/18	- Perbincangan perbincangan I	/
		All Seminar	/



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –  
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Jika mempunyai surat ke agas dan/atau ke  
sman dan sebagainya

**DAFTAR HADIR ASISTENSI**  
**TUGAS SARJANA**

**NAMA** : Muhammad Ilham PEMBIMBING I : Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar  
**NPM** : 1307230067 **PEMBIMBING II** : Khairul Umurani,S.T.,M.T.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	6/9/17	pertemuan ke-1 materi	/
	13/1/18	pertemuan ke-2	/
	24/3/18	kegiatan ke-3	/
	25/5/18	kegiatan ke-4	/
	3/6/18	pertemuan	/
	4/9/18	kegiatan ke Pemb II	/
		- pertemuan Bab 5	/
	6/9/18	- Pemb: pertemuan ke-5	ke
	7/9/18	- Pemb: pertemuan ke-6	ke
		- pertemuan ke-7	
		All Seminar	/



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –  
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238  
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Jika mempunyai surat ke agas dan/atau ke  
sman dan sebagainya

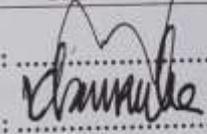
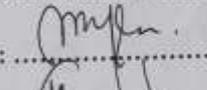
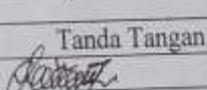
**DAFTAR HADIR ASISTENSI**  
**TUGAS SARJANA**

**NAMA** : Muhammad Ilham PEMBIMBING I : Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar  
**NPM** : 1307230067 **PEMBIMBING II** : Khairul Umurani,S.T.,M.T.

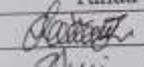
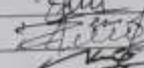
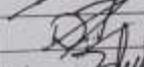
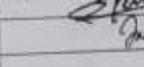
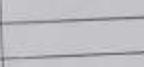
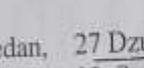
NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	6/9/17	pertemuan ke-1 materi	/
	13/1/18	pertemuan ke-2	/
	24/3/18	konsep ke-3	/
	25/5/18	konsep ke-4	/
	3/6/18	pertemuan	/
	4/9/18	konsep ke Pemb II	/
		- pertemuan Bab 5	/
	6/9/18	- Pemb: pertemuan ke-5	/
	7/9/18	- Pemb: pertemuan ke-6	/
		- pertemuan ke-7	/
		- pertemuan ke-8	/
		- pertemuan ke-9	/
		- pertemuan ke-10	/
		- pertemuan ke-11	/
		- pertemuan ke-12	/
		- pertemuan ke-13	/
		- pertemuan ke-14	/
		- pertemuan ke-15	/
		- pertemuan ke-16	/
		- pertemuan ke-17	/
		- pertemuan ke-18	/
		- pertemuan ke-19	/
		- pertemuan ke-20	/
		- pertemuan ke-21	/
		- pertemuan ke-22	/
		- pertemuan ke-23	/
		- pertemuan ke-24	/
		- pertemuan ke-25	/
		- pertemuan ke-26	/
		- pertemuan ke-27	/
		- pertemuan ke-28	/
		- pertemuan ke-29	/
		- pertemuan ke-30	/
		- pertemuan ke-31	/
		- pertemuan ke-32	/
		- pertemuan ke-33	/
		- pertemuan ke-34	/
		- pertemuan ke-35	/
		- pertemuan ke-36	/
		- pertemuan ke-37	/
		- pertemuan ke-38	/
		- pertemuan ke-39	/
		- pertemuan ke-40	/
		- pertemuan ke-41	/
		- pertemuan ke-42	/
		- pertemuan ke-43	/
		- pertemuan ke-44	/
		- pertemuan ke-45	/
		- pertemuan ke-46	/
		- pertemuan ke-47	/
		- pertemuan ke-48	/
		- pertemuan ke-49	/
		- pertemuan ke-50	/
		- pertemuan ke-51	/
		- pertemuan ke-52	/
		- pertemuan ke-53	/
		- pertemuan ke-54	/
		- pertemuan ke-55	/
		- pertemuan ke-56	/
		- pertemuan ke-57	/
		- pertemuan ke-58	/
		- pertemuan ke-59	/
		- pertemuan ke-60	/
		- pertemuan ke-61	/
		- pertemuan ke-62	/
		- pertemuan ke-63	/
		- pertemuan ke-64	/
		- pertemuan ke-65	/
		- pertemuan ke-66	/
		- pertemuan ke-67	/
		- pertemuan ke-68	/
		- pertemuan ke-69	/
		- pertemuan ke-70	/
		- pertemuan ke-71	/
		- pertemuan ke-72	/
		- pertemuan ke-73	/
		- pertemuan ke-74	/
		- pertemuan ke-75	/
		- pertemuan ke-76	/
		- pertemuan ke-77	/
		- pertemuan ke-78	/
		- pertemuan ke-79	/
		- pertemuan ke-80	/
		- pertemuan ke-81	/
		- pertemuan ke-82	/
		- pertemuan ke-83	/
		- pertemuan ke-84	/
		- pertemuan ke-85	/
		- pertemuan ke-86	/
		- pertemuan ke-87	/
		- pertemuan ke-88	/
		- pertemuan ke-89	/
		- pertemuan ke-90	/
		- pertemuan ke-91	/
		- pertemuan ke-92	/
		- pertemuan ke-93	/
		- pertemuan ke-94	/
		- pertemuan ke-95	/
		- pertemuan ke-96	/
		- pertemuan ke-97	/
		- pertemuan ke-98	/
		- pertemuan ke-99	/
		- pertemuan ke-100	/
		- pertemuan ke-101	/
		- pertemuan ke-102	/
		- pertemuan ke-103	/
		- pertemuan ke-104	/
		- pertemuan ke-105	/
		- pertemuan ke-106	/
		- pertemuan ke-107	/
		- pertemuan ke-108	/
		- pertemuan ke-109	/
		- pertemuan ke-110	/
		- pertemuan ke-111	/
		- pertemuan ke-112	/
		- pertemuan ke-113	/
		- pertemuan ke-114	/
		- pertemuan ke-115	/
		- pertemuan ke-116	/
		- pertemuan ke-117	/
		- pertemuan ke-118	/
		- pertemuan ke-119	/
		- pertemuan ke-120	/
		- pertemuan ke-121	/
		- pertemuan ke-122	/
		- pertemuan ke-123	/
		- pertemuan ke-124	/
		- pertemuan ke-125	/
		- pertemuan ke-126	/
		- pertemuan ke-127	/
		- pertemuan ke-128	/
		- pertemuan ke-129	/
		- pertemuan ke-130	/
		- pertemuan ke-131	/
		- pertemuan ke-132	/
		- pertemuan ke-133	/
		- pertemuan ke-134	/
		- pertemuan ke-135	/
		- pertemuan ke-136	/
		- pertemuan ke-137	/
		- pertemuan ke-138	/
		- pertemuan ke-139	/
		- pertemuan ke-140	/
		- pertemuan ke-141	/
		- pertemuan ke-142	/
		- pertemuan ke-143	/
		- pertemuan ke-144	/
		- pertemuan ke-145	/
		- pertemuan ke-146	/
		- pertemuan ke-147	/
		- pertemuan ke-148	/
		- pertemuan ke-149	/
		- pertemuan ke-150	/
		- pertemuan ke-151	/
		- pertemuan ke-152	/
		- pertemuan ke-153	/
		- pertemuan ke-154	/
		- pertemuan ke-155	/
		- pertemuan ke-156	/
		- pertemuan ke-157	/
		- pertemuan ke-158	/
		- pertemuan ke-159	/
		- pertemuan ke-160	/
		- pertemuan ke-161	/
		- pertemuan ke-162	/
		- pertemuan ke-163	/
		- pertemuan ke-164	/
		- pertemuan ke-165	/
		- pertemuan ke-166	/
		- pertemuan ke-167	/
		- pertemuan ke-168	/
		- pertemuan ke-169	/
		- pertemuan ke-170	/
		- pertemuan ke-171	/
		- pertemuan ke-172	/
		- pertemuan ke-173	/
		- pertemuan ke-174	/
		- pertemuan ke-175	/
		- pertemuan ke-176	/
		- pertemuan ke-177	/
		- pertemuan ke-178	/
		- pertemuan ke-179	/
		- pertemuan ke-180	/
		- pertemuan ke-181	/
		- pertemuan ke-182	/
		- pertemuan ke-183	/
		- pertemuan ke-184	/
		- pertemuan ke-185	/
		- pertemuan ke-186	/
		- pertemuan ke-187	/
		- pertemuan ke-188	/
		- pertemuan ke-189	/
		- pertemuan ke-190	/
		- pertemuan ke-191	/
		- pertemuan ke-192	/
		- pertemuan ke-193	/
		- pertemuan ke-194	/
		- pertemuan ke-195	/
		- pertemuan ke-196	/
		- pertemuan ke-197	/
		- pertemuan ke-198	/
		- pertemuan ke-199	/
		- pertemuan ke-200	/
		- pertemuan ke-201	/
		- pertemuan ke-202	/
		- pertemuan ke-203	/
		- pertemuan ke-204	/
		- pertemuan ke-205	/
		- pertemuan ke-206	/
		- pertemuan ke-207	/
		- pertemuan ke-208	/
		- pertemuan ke-209	/
		- pertemuan ke-210	/
		- pertemuan ke-211	/
		- pertemuan ke-212	/
		- pertemuan ke-213	/
		- pertemuan ke-214	/
		- pertemuan ke-215	/
		- pertemuan ke-216	/
		- pertemuan ke-217	/
		- pertemuan ke-218	/
		- pertemuan ke-219	/
		- pertemuan ke-220	/
		- pertemuan ke-221	/
		- pertemuan ke-222	/
		- pertemuan ke-223	/
		- pertemuan ke-224	/
		- pertemuan ke-225	/
		- pertemuan ke-226	/
		- pertemuan ke-227	/
		- pertemuan ke-228	/
		- pertemuan ke-229	/
		- pertemuan ke-230	/
		- pertemuan ke-231	/
		- pertemuan ke-232	/
		- pertemuan ke-233	/
		- pertemuan ke-234	/
		- pertemuan ke-235	/
		- pertemuan ke-236	/
		- pertemuan ke-237	/
		- pertemuan ke-238	/
		- pertemuan ke-239	/
		- pertemuan ke-240	/
		- pertemuan ke-241	/
		- pertemuan ke-242	/
		- pertemuan ke-243	/
		- pertemuan ke-244	/
		- pertemuan ke-245	/
		- pertemuan ke-246	/
		- pertemuan ke-247	/
		- pertemuan ke-248	/
		- pertemuan ke-249	/
		- pertemuan ke-250	/
		- pertemuan ke-251	/
		- pertemuan ke-252	/
		- pertemuan ke-253	/
		- pertemuan ke-254	/
		- pertemuan ke-255	/
		- pertemuan ke-256	/
		- pertemuan ke-257	/
		- pertemuan ke-258	/
		- pertemuan ke-259	/
		- pertemuan ke-260	/
		- pertemuan ke-261	/
		- pertemuan ke-262	/
		- pertemuan ke-263	/
		- pertemuan ke-264	/
		- pertemuan ke-265	/
		- pertemuan ke-266	/
		- pertemuan ke-267	/
		- pertemuan ke-268	/
		- pertemuan ke-269	/
		- pertemuan ke-270	/
		- pertemuan ke-271	/
		- pertemuan ke-272	/
		- pertemuan ke-273	/
		- pertemuan ke-274	/
		- pertemuan ke-275	/
		- pertemuan ke-276	/
		- pertemuan ke-277	/
		- pertemuan ke-278	/
		- pertemuan ke-279	/
		- pertemuan ke-280	/
		- pertemuan ke-281	/
		- pertemuan ke-282	/
		- pertemuan ke-283	/
		- pertemuan ke-284	/
		- pertemuan ke-285	/
		- pertemuan ke-286	/
		- pertemuan ke-287	/
		- pertemuan ke-288	/
		- pertemuan ke-289	/
		- pertemuan ke-290	/
		- pertemuan ke-291	/
		- pertemuan ke-292	/
		- pertemuan ke-293	/
		- pertemuan ke-294	/
		- pertemuan ke-295	/
		- pertemuan ke-296	/
		- pertemuan ke-297	/
		- pertemuan ke-298	/
		- pertemuan ke-299	/
		- pertemuan ke-300	/
		- pertemuan ke-301	/
		- pertemuan ke-302	/
		- pertemuan ke-303	/
		- pertemuan ke-304	/
		- pertemuan ke-305	/
		- pertemuan ke-306	/
		- pertemuan ke-307	/
		- pertemuan ke-308	/
		- pertemuan ke-309	/
		- pertemuan ke-310	/
		- pertemuan ke-311	/
		- pertemuan ke-312	/
		- pertemuan ke-313	/
		- pertemuan ke-314	/
		- pertemuan ke-315	/
		- pertemuan ke-316	/
		- pertemuan ke-317	/
		- pertemuan ke-318	/
		- pertemuan ke-319	/
		- pertemuan ke-320	/
		- pertemuan ke-321	/
		- pertemuan ke-322	/
		- pertemuan ke-323	/
		- pertemuan ke-324	/
		- pertemuan ke-325	/
		- pertemuan ke-326	/
		- pertemuan ke-327	/
		- pertemuan ke-328	/
		- pertemuan ke-329	/
		- pertemuan ke-330	/
		- pertemuan ke-331	/
		- pertemuan ke-332	/
		- pertemuan ke-333	/
		- pertemuan ke-334	/
		- pertemuan ke-335	/
		- pertemuan ke-336	/
		- pertemuan ke-337	/
		- pertemuan ke-338	/
		- pertemuan ke-339	/
		- pertemuan ke-340	/
		- pertemuan ke-341	/
		- pertemuan ke-342	/
		- pertemuan ke-343	/
		- pertemuan ke-344	/
		- pertemuan ke-345	/
		- pertemuan ke-346	/
		- pertemuan ke-347	/
		- pertemuan ke-348	/
		- pertemuan ke-349	/
		- pertemuan ke-350	/
		- pertemuan ke-351	/
		- pertemuan ke-352	/
		- pertemuan ke-353	/
		- pertemuan ke-354	/
		- pertemuan ke-355	/
		- pertemuan ke-356	/
		- pertemuan ke-357	/
		- pertemuan ke-358	/
		- pertemuan ke-359	/
		- pertemuan ke-360	/
		- pertemuan ke-361	/
		- pertemuan ke-362	/
		- pertemuan ke-363	/
		- pertemuan ke-364	/
		- pertemuan ke-365	/
		- pertemuan ke-366	/
		- pertemuan ke-367	/
		- pertemuan ke-368	/
		- pertemuan ke-369	/
		- pertemuan ke-370	/
		- pertemuan ke-371	/
		- pertemuan ke-372	/
		- pertemuan ke-373	/
		- pertemuan ke-374	/
		- pertemuan ke-375	/
		- pertemuan ke-376	/
		- pertemuan ke-377	/
		- pertemuan ke-378	/
		- pertemuan ke-379	/
		- pertemuan ke-380	/
		- pertemuan ke-381	/
		- pertemuan ke-382	/
		- pertemuan ke-383	/
		- pertemuan ke-384	/
		- pertemuan ke-385	/
		- pertemuan ke-386	/
		- pertemuan ke-387	/
		- pertemuan ke-388	/
		- pertemuan ke-389	/
		- pertemuan ke-390	/
		- pertemuan ke-391	/
		- pertemuan ke-392	/
		- pertemuan ke-393	/
		- pertemuan ke-394	/
		- pertemuan ke-395	/
		- pertemuan ke-396	/
		- pertemuan ke-397	/
		- pertemuan ke-398	/
		- pertemuan ke-399	/
		- pertemuan ke-400	/
		- pertemuan ke-401	/
		- pertemuan ke-402	/
		- pertemuan ke-403	/
		- pertemuan ke-404	/
		- pertemuan ke-405	/
		- pertemuan ke-406	/
		- pertemuan ke-407	/
		- pertemuan ke-408	/
		- pertemuan ke-409	/
		- pertemuan ke-410	/
		- pertemuan ke-411	/
		- pertemuan ke-412	/
		- pertemuan ke-413	/
		- pertemuan ke-414	/
		- pertemuan ke-415	/
		- pertemuan ke-416	/
		- pertemuan ke-417	/
		- pertemuan ke-418	/
		- pertemuan ke-419	/
		- pertemuan ke-420	/
		- pertemuan ke-4	

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar  
 Nama : Muhammad Ilham  
 NPM : 1307230067  
 Judul Tugas Akhir : Optimalisasi Rancangan Mesin Cetak Injeksi Berinstru-  
 Mentasi Untuk Industri Kecil.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Dr.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:	
Pembimbing – II	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pemanding – I	: M.Yani.S.T.M.T	:	
Pemanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1207230176	Dhany Fajar Ismanto	
2	1207230012	ROY ARMANSYAH VERI	
3	1307230064	DENI IBRAWAN	
4	1307230251	KIKI DWI PANCA	
5	1307230234	MUHAMMAD DEWI LESARI	
6	1307230196	EDO WILLIAN	
7	1307230023	HARIS FIRADILLAH	
8			
9			
10			

Medan, 27 Dzulhijjah 1439 H  
 08 September 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Muhammad Ilham  
NPM : 1307230067  
Judul T.Akhir : Optimalisasi Rancangan Mesin Cetak Injeksi Beinstrumentasi Untuk Industri Kecil.

Dosen Pembimbing - I : Dr.Rakhmad Arief.Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

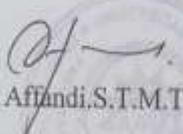
- Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*lulus pd draf skripsi tetapi yg di perbaiki!!*

- Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

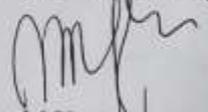
Medan 27 Dzulhijjah 1439H  
08 September 2018 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T



Dosen Pemanding- I

  
M. Yani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Muhammad Ilham  
NPM : 1307230067  
Judul T.Akhir : Optimalisasi Rancangan Mesin Cetak Injeksi Beinstrumentasi Untuk Industri Kecil.

Dosen Pembimbing - I : Dr.Rakhmad Arief.Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

..... lihat buku tugas sarjana .....

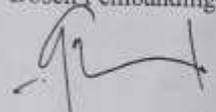
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 27 Dzulhijjah 1439H  
08 September 2018 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

  
Chandra A Siregar.S.T.M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : MUHAMMAD ILHAM  
Tempat/Tgl Lahir : MEDAN, 24 MARET 1992  
Npm : 1307230067  
Bidang Keahlian : Kontruksi Dan Manufaktur  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Sarjana saya ini yang berjudul:

### **“OPTIMALISASI RANCANGAN MESIN CETAK INJEKSI BERINSTRUMENTASI UNTUK INDUSTRI KECIL”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Sarjana saya secara orisinil dan otentik.

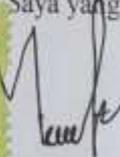
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 08 September 2018



Saya yang menyatakan,

  
MUHAMMAD ILHAM









## ABSTRAK

Dewasa ini mesin cetak injeksi molding adalah alat yang banyak digunakan dalam proses manufacturing hal tersebut mengakibatkan industri produk dengan menggunakan mesin cetak injeksi harus mampu meningkatkan hasil produksinya baik dalam hal kuantitas maupun hasil kualitas produk.. Dikarenakan alat tersebut banyak kegunaanya dan kelebihan nya dalam proses pencetakan suatu produk baik aksesoris spare part mobil dan aksesoris spare part sepeda motor. Maka sebab itu dalam proses suatu produk optimalisasi sangat diperlukan agar hasil yang diproduksi mencapai hasil yang maksimal untuk menghasilkan suatu produk yang baik. Metode dalam optimalisasi produk digunakan programming linear pada Microsoft Excel simulasinya pada program solver.

Didalam tugas akhir ini penulis melakukan langkah –langkah cara menganalisa membuat optimalisasi pada hasil pengujian mesin cetak injeksi berinstrumentasi untuk industri kecil. Untuk mendapat hasil produk yang optimal dari penelitian digunakan dengan cara mencari persamaan linear pada program solver. khususnya dalam menentukan jumlah produksi data yang diambil dari pengujian  $x_1$  = aksesoris spare part mobil,  $x_2$  = aksesoris spare part sepeda motor. Ada beberapa fungsi kendala yang dijumpai yakni :( fungsi bahan matrial, waktu produksi dan keuntungan laba yang diperoleh dari tiap – tiap Spart Part ) Maksimal  $Z = 120 x_1 + 80 x_2$ . Adapun nilai dari variabel yang di optimalkan kendala bahan material direpresentasikan sebagai  $10 x_1 + 12 x_2 \leq 80$  , kendala waktu  $8 x_1 + 8 x_2 \leq 48$ . Dari hasil penelitian terlihat bahwa keuntungan sebesar 680 Pcs. dengan banyak bahan Spare Part Mobil bahan tersimpan 5 kg dan Spare Part Sepeda Motor 1 kg. Pemakaian bahan material 80 kg / minggu. dan waktu produksi diperlukan 48 jam dipakai habis ,yaitu terlihat pada sel Slack 0.

**Kata kunci : Optimalisasi Produk, Metode Solver, Berinstrumentasi**



## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas Sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis bimbingan dari pada dosen pembimbing merencanakan sebuah

### **“OPTIMALISASI MESIN CETAK INJEKSI BERINSTRUMENTASI UNTUK INDUSTRI KECIL “**

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus – menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua orang tua, Ayahanda Joko Purnomo dan Ibunda Nur Saini, dimana cinta yang telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan semangat dan do'a yang tulus, ikhlas, dengan penuh kasih sayang sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T.,M.Sc. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arif Siregar selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan serta perhatian sehingga Tugas Sarjana ini dapat selesai dengan baik.
5. Bapak selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan serta Khairul Umurani, S.T.,M.T., perhatian sehingga Tugas Sarjana ini dapat selesai dengan baik.

6. Bapak M. Yani, S.T.,M.T. selaku pembanding I
7. Bapak Affandi, S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Chandra A Siregar,S.T.,M.T. selaku pembanding II serta Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama di bangku kuliah.
10. Seluruh Staf Tata Usaha pada Program Studi Teknik Mesin UMSU.
11. Rekan – rekan Lab. Teknik Mesin, dan teman–teman yang lain yang banyak membantu dan memotivasi penulis.
12. Dwi Qoriyanti Spd.Mpd. selaku calon pendamping hidup saya yang banyak membantu dan memotifasi, untuk menyelesaikan tugas akhir saya.
13. Terima kasih banyak juga kepada teman satu perjuangan Deni Irawan, Edo William, Muhammad Dedi Lestari, Kiki Dwi Panca, Haris Fradilah, Mastari Sofi, Febri Rahmadhan, dan seluruh teman - teman stambuk 2013.
14. Keluarga besar tercinta adik Frengki Firmansyah dan Joni Wijaya, terimakasih atas dukukungan dan perjuangannya yang tak sia – sia memberikan semangat dalam mengerjakan tugas akhir skripsi ini.
15. Terima kasih juga kepada teman yang setambuk 2012

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Bilahi filshabli haq,fastabiqul khairat.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 08 September 2018

Penulis

**MUHAMMAD ILHAM**

**1307230067**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PRNGESAHAN I</b>	
<b>LEMBAR PENGEAHAN II</b>	
<b>LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA</b>	
<b>DAFTAR HADIR ASISTENSI</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>vi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Batasan Masalah	3
1.4.Tujuan Penelitian	3
1.5.Manfaat penelitian	4
1.6.Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Injection Molding	6
2.2. Mekanisme Pada Mesin Injection Molding	8
2.3. Bagian - Bagian Pada Mesin Injection Molding	9
2.4. Parameter Proses Mesin Injection Molding	11
2.5. Cacat Produk Pada Proses Injection Molding	16
2.6. Laju Aliran Dalam Cetak Injection Molding	17
2.7. Bahan Plastik	18
2.8. Waktu Siklus	19
2.9. Desain Eksperimen	19
2.10. Metode Program Linear	20
2.11. Program <i>Solver</i>	26
2.12. Industri Manufaktur	34
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Tempat dan Waktu	36
3.1.1. Tempat	36
3.1.2. Waktu Pelaksana	36
3.2. Penolahan Dan Analisa Data	37
3.3. Diagram Alir Penelitian	39
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Penelitian	40
4.1.1. Penerapan Model	40
4.1.2. Analisa Data Menggunakan Model Pada <i>Solver</i>	42
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Mesin Cetak Injeksi	6
Gambar 2.2.	Kompenen Cetakan Injeksi <i>Molding</i>	17
Gambar 2.3.	Tampilan <i>Windows</i>	28
Gambar 2.4.	Tampilan <i>Worksheet Excel</i>	28
Gambar 2.5.	Input Data Pada <i>Solver</i>	29
Gambar 2.6.	<i>Solver Parameters</i>	30
Gambar 2.7.	Menu <i>Add Constrains</i>	31
Gambar 2.8.	Menu <i>Solver Options</i>	31
Gambar 2.9.	Hasil Perhitungan Pada <i>Solver Results</i>	32
Gambar 2.10.	Lembar Kerja <i>Answer</i>	32
Gambar 2.11.	Lembar Kerja <i>Sensitivity</i>	33
Gambar 2.12.	Lembar Kerja <i>Limits</i>	33
Gambar 3.1	Diagaram alir penelitian	39
Gambar 4.1.	Input Data Pada Lembar Kerja Excel	42
Gambar 4.2.	Formula Pada <i>Solver Parameters</i>	43
Gambar 4.3.	Formula Pada Menu <i>Solver Options</i>	44
Gambar 4.4.	Formula Pada Menu <i>Solver Resuts</i>	44
Gambar 4.5.	Output Analisis Dari Spare Part Mobil Dan Spare Part Sepeda Motor	45
Gambar 4.6.	Output <i>Analisis Answer</i>	45
Gambar 4.7.	Lembar Kerja <i>Sensitivty</i>	46
Gambar 4.8.	Lembar Kerja <i>Limits</i>	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Karakteristik Material Plastik	18
Tabel 2.2.	Data Dari Perusahaan tekun belajar	23
Tabel 2.3.	Data dari kolom kunci dan baris kunci	24
Tabel 2.4.	Nilai terbaru pertama untuk perbaikan tabel 2.3.	25
Tabel 2.5	Pemilihan kunci untuk tabel 2.4.	25
Tabel 2.6	Nilai kedua untuk perbaikan dari tabel 2.5	26
Tabel 3.1.	Jadwal Kegiatan	36
Tabel 4.1.	Data penelitian	40

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini mesin cetak injeksi molding adalah alat yang banyak digunakan dalam proses *manufacturing* hal tersebut mengakibatkan industri produk dengan menggunakan mesin cetak injeksi harus mampu meningkatkan hasil produksinya baik dalam hal kuantitas maupun hasil kualitas produk.

Sekarang ini dapat dipastikan bahwa setiap peralatan atau barang yang ada dilingkungan kita berbahan dari plastik, contoh nya aksesoris *spare part* mobil, aksesoris *spare part* sepeda motor, peralatan rumah tangga dan lain sebagainya. Perkembangan industri barang plastik di indonesia semakin pesat terutama dikalangan UKM ( usaha kecil menengah )

Untuk meningkatkan hasil produksinya sebuah perusahaan harus mampu mengoptimalkan waktu siklus pada setiap produksinya. Dimana waktu siklus merupakan waktu yang dibutuhkan sebuah mesin industri untuk mencapai hasil produksi yang maksimal. Permasalahan lain ini yang mencul adalah proses produksi untuk industri pembuatan aksesoris *spare part* mobil dan aksesoris *spare part* sepeda motor dituntut untuk meningkatkan hasil produksi namun, disisi lain proses produksi harus memperhatikan kualitas produksinya, sehingga mampu bersaing dipasaran penjualan aksesoris *spare part* mobil dan *spare part* sepeda motor agar tidak mengalami kerugian dalam memproduksinya.

Dari permasalahan yang ada perlu dilakukan penelitian sehingga hasil akhir produksi yang dibutuhkan dapat memperoleh waktu siklus yang optimal, dan dapat meningkatkan hasil produksinya. Parameter penentuan yang digunakan adalah

bahan material plastik, waktu, dan metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode *linear programming* dan masalah tersebut diketahui beberapa variabel dengan tujuan untuk mengoptimalkan hasil produk dari persamaan linear.

Aggono (2005), mengatakan bahwa plastik *injection* merupakan proses manufaktur untuk membuat produk dengan bahan dasar plastik atau dalam kesempatan ini polypropylene. Proses tersebut sering kali terjadi cacat produk seperti pengerutan, retak, dimensi tidak sesuai, kerusakan pada saat produk keluar  *mold*, sehingga banyak material yang terbuang percuma. Meskipun cacat produk tersebut dipengaruhi banyak faktor, tetapi yang paling utama adalah masalah *shrinkage*, atau penyusutan material.

Menurut (Taguchi 1982), Pada proses pencetakan untuk alat injeksi molding tidak bisa diubah atau diperbaiki setelah proses pencetakan dilakukan. Proses perencanaan pencetakan produk harus dilakukan pada awal proses dengan cara mengatur / mensetting faktor – faktor yang berpengaruh pada proses pencetakan plastik agar menghasilkan produk yang sesuai dan mempunyai kualitas yang bermutu.

*Injection molding* banyak dipilih karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya: kapasitas produk yang tinggi, sisa penggunaan material (*useless material*) sedikit dan tenaga kerja minimal, sedangkan kekurangannya, biaya investasi dan perawatan alat yang tinggi, serta perancangannya produk harus mempertimbangkan untuk pembuatan desain mesin *injection molding* nya (Kwong, 1998).

Maka berdasarkan uraian diatas, penulis malatar belakangi untuk melakukan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul **OPTIMALISASI RANCANGAN MESIN CETAK INJEKSI BERINSTRUMENTASI UNTUK INDUSTRI KECIL**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah :

1. Bagaimana mengoptimisasikan kinerja mesin cetak injeksi berinstrumentasi industri kecil.
2. Bagaimana menganalisa waktu siklus yang optimal pada pembuatan produk bahan analisa *spare part* mobil dan *spare part* sepeda motor.

## **1.3 Batasan Masalah**

Karena luasnya jangkauan permasalahan dalam merancang mesin injection moulding maka perlu adanya pembatasan masalah, adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Perhitungan optimalisasi menggunakan metode linear dengan parameter bahan material dan waktu yang digunakan.
2. Bahan material yang digunakan adalah bahan LDPE ( *Low –densty polythelen plastics*)
3. Mesin yang digunakan mesin cetak injeksi berintrumentasi untuk industri kecil di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Tidak membahas proses kimia plastik bahan LDPE

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengoptimalkan dan menganalisa mencari jumlah produksi bahan untuk aksesoris *spare part* mobil dan aksesoris *spare part* sepeda motor dengan metode linear programming dan melibatkan penggunaan *solver* pada *microsoft office excel 2007*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini :

1. Dapat mengetahui dan menambah pengetahuan akan masalah –masalah yang terjadi dalam metode perhitungan untuk optimasi waktu produksi dan penggunaan bahan material.
2. Mengetahui jumlah produksi aksesoris *spare part* mobil dan aksesoris *spare part* sepeda motor.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan ini adalah sebagai berikut :

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan teori singkat dari penelitian,

##### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Berisikan tentang tempat dan waktu serta penelitian yang dilakukan.

## BAB 4 ANALISA DATA

Berisikan data dan analisa pada penelitian.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan secara garis besar kesimpulan dan saran.

## DAFTAR PUSTAKA

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. *Injection moulding*

*Injection moulding* adalah sebuah mesin yang digunakan untuk mencetak material plastik yang dilelehkan melalui proses pemanasan yang di injeksikan oleh *plunger* kedalam cetakan dan melakukan proses pembentukan sesuai *cavity* yang digunakan.



Gambar 2.1. Mesin Cetak Injeksi

Menurut ( Bryce 1998 ), *injection molding* adalah seperti jarum suntik, dimana lelehan plastik disuntikan kedalam  *mold*  (cetakan) yang tertutup rapat yang berada didalam mesin sehingga lelehan tersebut memenuhi ruang yang berada pada  *mold*  sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Proses siklus untuk *injection molding* terdiri dari empat tahapan sebagai yaitu, *clamping* sebelum injeksi bahan kedalam cetakan dua bagian dari cetakan harus tertutup rapat pada mesin, *injection* plastik cair disuntikan kedalam  *mold*  memenuhi ruangan sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan, *cooling* merupakan proses pendinginan material plastik setelah proses penyuntikan, *ejection* setelah

*mold* dibuka mekanisme yang digunakan untuk *ejection system* adalah untuk mendorong bagian di inginkan plastik dari cetakan.

*Injection molding* dapat dijelaskan dalam delapan tahap: penutupan cetakan, penjepitan, penyuntikan, penahanan, plastifikasi, pendinginan, pembukaan cetakan, dan pembukaan hasil cetakan .

Proses pembentukan produk plastik membutuhkan variasi parameter dari mesin injeksi antara lain suhu pemanas, suhu leleh, pendinginan, waktu tahan, kecepatan injeksi. Parameter tersebut dapat mempengaruhi hasil produk, sehingga harus menemukan variasi yang cocok sesuai dengan produknya. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara suhu pemanas dengan waktu tahan terhadap shrinkage. Material menggunakan plastik jenis polypropylene. Tekanan injeksi, kecepatan injeksi, yang digunakan adalah tetap. Harapan dari penelitian ini untuk mengetahui hubungan temperatur leleh dan waktu tahan terhadap shrinkage. Sehingga dapat memprediksikan variasi parameter mesin injeksi agar dihasilkan produk yang baik.(Yuli Kristanto,Dkk 2013).

Material plastik yang dipindahkan dari silinder pemanas temperature suhunya berkisar antara 175 °C hingga 290 °C.Semakin panas suhunya, plastik material itu akan semakin cair/encer (rendah viskositasnya) sehingga semakin mudah diinjeksikan/disemprotkan masuk kedalam  *mold*. setiap material memiliki karakteristik suhu  *molding*. Semakin lunak formulasinya, yang berarti kandungan plastis tinggi membutuhkan temperature rendah, sebaliknya yang memiliki formulasi lebih keras butuh temperatur tinggi.

## 2.2. Mekanisme Pada Mesin *Injection Molding*

- a. Material plastik yang telah dicampur dengan bahan *pellet* dan pewarna untuk bahan plastik dimasukan kedalam *hopper*. Lalu material plastik akan memasuki rongga plastik pada ulir *screw*.
- b. *Screw* bergerak mundur dan berputar berlawanan dengan arah jarum jam membawa butiran-butiran plastik jatuh dari *hopper*. Biji plastik ini dipanaskan oleh gesekan yang terjadi dan pemanas tambahan dari *barrel*, sehingga butiran-butiran plastik tersebut meleleh. *Screw* mundur sampai batas yang telah ditentukan (bersamaan dengan material yang maju kedepan bilik *screw*, oleh karena putaran mundur dari *screw* tersebut) dan putaran *screw* tersebut berhenti.
- c. Langkah berikutnya adalah menutup  *mold*. Kemudian *screw* didorong maju oleh gerakan piston, mendorong lelehan plastik dari bilik *screw* (*screw chamber*) melalui *nozzle* masuk kedalam rongga  *mold* (dalam tahap ini *screw* hanya bergerak maju saja, tanpa berputar).
- d. Lelehan plastik yang telah diinjekkan mengalami pengerasan, oleh karena bersentuhan dengan dinding yang dingin dari  *mold*. Di bawah pengaruh *holding pressure*, lelehan material dari tekanan *screw* ditambahkan untuk mengimbangi kepadatan volume dari material ketika dingin.
- e. Setelah proses pendinginan dan kekakuan dari produk yang telah dibentuk, *screw* akan mundur untuk melakukan pengisian  *barrel*. Pada saat itu clamping unit akan bergerak untuk membuka  *mold*. Produk dikeluarkan oleh *ejector* yang telah ada dalam  *mold*. Jika *system ejector* semi otomatis, maka *ejector* mendorong produk tetapi tidak sampai keluar dari  *mold* sehingga diperlukan tenaga operator untuk mengeluarkan produk.

f. Setelah produk tersebut keluar/ dikeluarkan oleh *ejector*, maka siap untuk dilakukan penginjekan berikutnya sesuai dengan alur yang telah diuraikan diatas. Wahyudi,( 2014).

### **2.3. Bagian – bagian utama pada mesin *injection molding***

#### *1. Injection Unit (Unit Injection)*

Disinilah pengolahan polimer plastik berlangsung, yang dimulai dengan masuknya polimer dalam bentuk pellet (*Granule*), kemudian dipanaskan didalam tungku (*Barrel*) dengan suhu lumer plastik yang bersangkutan. Lalu dari proses inilah di injeksikan atau disuntikan kedalam cetakan (*Mold*) dengan setting yang melibatkan tekanan hidrolik (*hidrolik pressure*).

#### *2. Mold Clamp Unit (Unit Pencekam Cetakan)*

*Clamping unit* berfungsi untuk memegang dan memasang dan mengatur gerakan *ejector* saat melepas benda dari molding unit, pada clamping unit lah kita bisa mengatur berapa panjang gerakan molding saat di buka dan berapa panjang *ejector* harus bergerak. Ada 2 macam clamping unit yang dipakai pada umumnya, yaitu dan hidrolik dan *toggle clamp*.

#### *3. Cylinder screw ram*

Bagian ini berfungsi untuk mempermudah gerakan *screw* dengan menggunakan momen enersia sekaligus menjaga perputaran *screw* tetap konstan, sehingga di dapat di hasilkan kecepatan dan tekanan yang konstan saat proses injeksi plastik dilakukan.

#### *4. Hopper*

Adalah tempat untuk menempatkan material plastik, sebelum masuk ke *barrell*, biasanya untuk menjaga kelembapan material plastik, digunakan tempat

penyimpanan khusus yang dapat mengatur kelembapan, sebab apabila kandungan air terlalu besar pada udara, dapat menyebabkan hasil injeksi yang tidak bagus.

#### 5. *Motor dan transmission gear unit*

Bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* pada *barrel*, sedangkan *transmission unit* berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam *screw*, selain itu *transmission unit* juga berfungsi untuk mengatur tenaga yang di salurkan sehingga tidak pembebanan yang terlalu besar.

#### 6. *Screw*

*Reciprocating screw* berfungsi untuk mengalirkan plastik dari *hopper* ke *nozzle*, ketika *screw* berputar material dari *hopper* akan tertarik mengisi *screw* yang selanjutnya di panasi lalu di dorong ke arah *nozzle*.(Indra Mawardi 2014)

#### 7. *Drive System ( Sistem Pengerak)*

Saat ini pada umumnya menggunakan hidraulik. Untuk proses penginjeksian pada cairan plastik. Tapi untuk saat ini banyak sudah mengaplikasikan motor servo untuk sistem penggerak pada mesin injektions moulding.karna motor servo ini lebih bagus kinerjanya dibandingkan hidraulik

#### 8. *Barrel*

Adalah tempat *screw*, dan selubung yang menjaga aliran plastik ketika di panasi oleh heater, pada bagian ini juga terdapat heater untuk memanaskan plastik sebelum masuk ke *nozzle*.

#### 9. *Control System ( Sistem Pengerak )*

Adalah sistem penjamin bahwa urutan cara kerja mesin harus benar dan sesuai dengan program yang sudah dibuat oleh pembuat mesin. Sehingga setiap

gerakan, setiap perubahan, sinyal-sinyal sensor yang bisa ratusan jumlahnya bisa saling mengikat, saling berhubungan dan saling mengunci dan sehingga kinerja mesin tetap terjaga. Apalagi yang berhubungan dengan sistem keamanan dan keselamatan pengguna mesin, maka dibuat berlapis, sehingga bisa menghilangkan resiko karena resiko human error pengguna mesin itu sendiri. Oleh sebab itu di adakanya sistem kontrol pada pembuat mesin untuk mempermudah operator agar bisa mengoperasikan mesin cetak injeksi tersebut dan membuat sistem kontrol yang mudah di mengerti oleh operator tersebut, dan perlunya juga memberi tanda pada mesin cetak injeksi seperti lampu alarm menandakan ada kesalahan pada sistem kontrol tersebut.

#### **2.4. Parameter proses mesin *ijection molding***

Untuk mendapatkan produk yang optimal dari sisi tampilan produk, efisiensi proses dan waktu berproduksi dalam proses pencetakan produk plastik banyak dipengaruhi berbagai faktor. Oleh karena itu sangat diperlukan pengetahuan dan pemahaman tentang prinsip dasar teknik desain cetakan, proses manufaktur, proses injeksi dan parameter lain yang berpengaruh terhadap perancangan cetakan (*mold*). Dalam perancangan cetakan, unsur yang berpengaruh terhadap konstruksi cetakan adalah spesifikasi produk yang mencakup desain dan bahan produk, proses pencetakan atau spesifikasi mesin yang terdiri dari data kapasitas mesin, jenis proses dan sistem cetakan, dimensi cetakan, perencanaan bahan dan konstruksi part aktif (*insert* atau non *insert*) dan desain cetakan yang terdiri dari penentuan *parting line*, sistem saluran (*gate dan runner*), sistem pendingin dan sistem injeksi. Pada desain cetakan mencakup pembahasan sistem pendingin.

Menurunkan temperatur plastik dalam rongga cetak atau mendinginkan produk dan menjaga temperatur cetakan atau temperatur kaviti dan inti pada kondisi kerja yang tepat.

Studi sistem pendinginan cetakan plastik *Holder Pulley* di salah satu perusahaan yang memproduksi printer ini ditujukan untuk perencanaan sistem pendingin untuk cetakan plastik dan menghitung komponen produk dan diameter saluran pendingin sehingga dapat menghasilkan produk sesuai dengan yang diinginkan.

*Injection* merupakan proses yang sangat populer dalam pembuatan benda-benda plastik dari jenis thermoplastic yaitu dengan cara menginjeksikan cairan plastik dari mesin ke dalam cetakan plastik. Untuk pengerjaan injeksi membutuhkan mesin injeksi dan cetakan (*molding*),

Adapun komponen-komponen mesin injeksi plastik secara garis besar dibagi ke dalam dua komponen yaitu pencekam dan komponen injeksi. Fungsi pencekam yaitu untuk membuka dan menutup setengah bagian cetakan, untuk mengeluarkan (*ejected*) komponen plastik, dan untuk mengunci penutupan cetakan dengan gaya-gaya yang cukup untuk menjaga tekananlelehan di dalam rongga cetak sewaktu pengisian. Clamping force yang dibutuhkan bervariasi antara 100 hingga 2000 Ton tergantung dari jenis/tipe mesin yang digunakan. Setelah setengah bagian cetakan terbuka, komponen plastik yang cenderung mengkerut dan menyatu dengan inti cetakan harus dikeluarkan dengan sistem ejector yang terdapat pada bagian pencekam.

Komponen injeksi memiliki dua fungsi, yaitu melelehkan serbuk atau pelet dan untuk menyuntikan lelehan plastik ke dalam cetakan. Jenis bagian injeksi (injection unit) yang sering digunakan adalah :

- a. Bagian konvensional terdiri atas silinder dan sebuah *plunger* untuk mendorong lelehan plastik ke dalam rongga cetak.
- b. *Unit reciprocating screw*, terdiri atas silinder dan sebuah ulir yang berputar untuk melelehkan dan memompakan plastik ke bak. Cetakan Injeksi berfungsi sebagai wadah yang mempunyai bentuk seperti komponen yang akan diproduksi dan merupakan tempat terjadinya plastikasi polimer dan kemudian untuk mendinginkan komponen plastik itu sendiri.

Sebuah cetakan dibangun oleh dua set komponen, yaitu :

- a. Rongga cetak dan cetakan (*cavity* dan  *mold*)
- b. Cetakan dasar ( *moldbase*) dimana cetakan dan rongga cetak diletakkan ukuran dan berat dari komponen plastik dibatasi oleh jumlah rongga cetak (*cavities*) dalam cetakan dan juga menentukan kapasitas peralatan yang dibutuhkan.

Dengan mempertimbangkan proses pencetakan, sebuah cetakan harus dirancang untuk dapat menahan gaya-gaya yang berasal dari clamping, injection, dan *ejection*. Perancangan dari gates dan *runners* juga harus mengikuti aliran yang efisien dan pengisian rongga cetak yang seragam.

Pada dasarnya cetakan terdiri atas dua bagian, yaitu bagian stasioner (*cavity plate*), dimana polimer cair diisikan, dan bagian yang bergerak (*core*

*plate*) pada sisi penutup atau sisi *ejector* dari suatu bagian cetakan injeksi. Plastik cair disalurkan melalui saluran pusat.(Yunus Yakub, 2011).

Adapun parameter proses pada mesin *Injection molding* adalah sebagai berikut :

1. *Mould Temperature* ( Suhu Cetakan )

Penentuan suhu temperatur cetakan harus mempertimbangkan geometri bagian, yang diinginkan permukaan akhir, stres / melenting, delaminasi, eaksi, menyusut dan waktu siklus, cetakan yang lebih tinggi suhu akan membantu dalam mengisi bagian dinding tipis, akan mengurangi sebagian stres, meningkatkan bagian kristalinitas, dan, dalam beberapa aplikasi, dan menghasilkan cetakan lebih baik.

2. *Barrel Temperature* ( suhu barrel )

Hubungan antara sekrup dan laras tekanan kapasitas dan ukuran ditekan atau rongga volume akan menentukan waktu tinggal bahan di penekan dan, akibatnya temperatur. Misalnya jika ukuran tekanan relatif kecil dibandingkan kapasitas tekanan dari mesin, waktu tinggal akan lama dan itu akan diperlukan untuk menurunkan temperatur. Jika ukuran tekanan membutuhkan hampir semua kapasitas barel dan waktu tinggal adalah relatif singkat, maka suhu akan harus lebih tinggi. Juga, mengisi penampang tipis atau menggunakan polimer LKM lebih rendah umumnya membutuhkan suhu mencair lebih tinggi untuk mengurangi viskositas.

3. *Shot Size injections* ( Ukuran penginjeksian).

Untuk menentukan ukuran penekanan dan bantal, matikan dan tahan tahap dengan menetapkan timer ke nol. Mengatur ukuran tekanan untuk mengisi sebagian bagian dan meningkatkan ukuran tekanan setelah

setiap penekan sampai bagian tersebut 98% penuh. Setelah bagian-bagian yang 98% penuh, mengatur waktu, tekanan. Menambah atau mengurangi kedua ukuran penekanan dan kecepatan untuk mentransfer tekanan (VPT) titik di jumlah yang sama sampai bantal adalah antara 4 mm (0,15" ) dan 7 mm (0,25" ). Jika mengatur injeksi kecepatan, jika suhu material berubah proses ini harus diulang.

#### 4. *Pressure and Time* (Tekanan dan Waktu)

Tekanan *holding* harus tetap rendah untuk mencegah keretakan resin dipadatkan dan sekitar area gerbang atau di daerah terlarang lainnya di bagian. Pada mesin *loop* tertutup ketika banyak tahapan *pack* atau *hold* tersedia, dapat membantu untuk meningkatkan tekanan paket bawah lembur.

#### 5. *Shot Size injections* ( Ukuran penginjeksian).

Untuk menentukan ukuran penekanan dan bantal, matikan dan tahan tahap dengan menetapkan timer ke nol. Mengatur ukuran tekanan untuk mengisi sebagian bagian dan meningkatkan ukuran tekanan setelah setiap penekan sampai bagian tersebut 98% penuh. Setelah bagian-bagian yang 98% penuh, mengatur waktu, tekanan. Menambah atau mengurangi kedua ukuran penekanan dan kecepatan untuk mentransfer tekanan (VPT) titik di jumlah yang sama sampai bantal adalah antara 4 mm (0,15" ) dan 7 mm (0,25" ). Jika mengatur injeksi kecepatan, jika suhu material berubah proses ini harus diulang.

#### 6. *Back Pressure Screw Recovery Speed* (Kecepatan tekanan balik)

Tekanan balik adalah tekanan sekru harus menghasilkan sebelum sekrop bisa kembali. dengan kekusutan tekanan kembali, lebih dari panas dimasukkan ke dalam bahan yang dihasilkan oleh geser, dan baik material pencampuran dan

dispersi warna meningkatkan. Tekanan kembali tinggi, bagaimanapun, juga dapat menurunkan resin, dan menyebabkan suhu sebagian besar polimer melebihi suhupoint. Hal ini biasanya diinginkan untuk menjaga tekanan kembali serendah mungkin sementara mendapatkan cukup pencampuran material. Sebuah titik awal yang direkomendasikan untuk tekanan kembali adalah 50 – 70 bar (750 psi - 1000 psi).(Hand Book *Injection Moulding* )

## **2.5. Cacat Produk Pada Proses *Injection Moulding***

Beberapa masalah yang sering terjadi pada proses produk hasil injection moulding antara lain :

### 1.Short – shot

*Short –shot* adalah cacat produk akibat pengisian yang tidak sempurna. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain :

- ✓ Tekanan *injection* lemah
- ✓ *Injection* yang lambat
- ✓ Temperatur *mold* rendah
- ✓ Pelelehan biji plastik yang tidak sempurna
- ✓ Udara tidak keluar dari *mold cavity*

### 2. *Black Spot*

Kondisi cacat produk dimana ditemukan seperti bintik hitam pada produk karena dipengaruhi oleh:

- ✓ Kurang bersih saat pergantian material
- ✓ Material mengalami pemanasan / pengeringan yang berlebihan
- ✓ Proses pewarnaan yang tidak stabil
- ✓ Terdapat kotoran atau bercak pada bahan bak

### 3 . *Warpage*

*Warpage* adalah jenis cacat produk yang dimana faktor tersebut di pengaruhi oleh :

- ✓ Pendinginan cetakan atau mold yang tidak seragam
- ✓ Tekan yang rendah
- ✓ Perbedaan temperatur yang tinggi di sebagian *cavity*

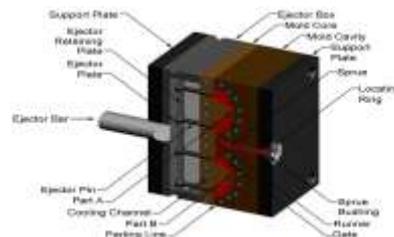
### 4 . *Discolored molding*

*Discolored molding* adalah jenis cacat produk yang dimana pelunturan warna pada produk yang disebabkan oleh :

- ✓ Temperatur peleburan yang tinggi
- ✓ Suhu peleburan yang tinggi
- ✓ Pencampuran warna yang tidak stabil

## 2.6. Laju Aliran Dalam Proses Cetak *Injection molding*

Pada mesin cetak injection molding saat ini dilengkapi dengan unit injeksi yang harus kuat khusus untuk mencapai laju aliran yang dibutuhkan untuk pengisian terhadap cetakan. Dapat dijelaskan bahwa dalam pengisian, kekuatan penuh dari unit injeksi digunakan, dan bahwa tekanan bahan plastik pada *nozle* dari injektor yang dirancang oleh pemasok polimer.



Gambar 2.2. Komponen Cetakan Injeksi (N.Crisan, 2016)

## 2.7. Bahan Plastik

Bahan plastik yang digunakan dalam proses produksi aksesoris spart part mobil dan spart part sepeda motor adalah *Low Density Polyethylene* (LDPE).

*Low Density Polyethylene* adalah termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Pertama kali di produksi oleh *imperial chemical industries* (ICI) pada tahun 1933 menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas. LDPE dapat di daur ulang, dan memiliki nomor 4 pada simbol daur ulang.

LDPE dicirikan dengan densitas antara  $0.910 - 0.940 \text{ g/cm}^3$  dan tidak reaktif pada temperatur kamar, kecuali oleh oksidator kuat dan beberapa jenis pelarut dapat menyebabkan kerusakan. LDPE dapat bertahan pada temperatur  $90^\circ\text{C}$  dalam waktu yang tidak terlalu lama.

Tabel. 2.1. Karakteristik material plastik.

MATERIAL	BERAT JENIS	SHRINKAGE (%)	INJ CYLINDER TEMP. (°C)	LIC. MOLDING TOOL TEMP. (°C)	COMPRESSION MOLD TEMP. (°C)	LIC. MOLDING PRESSURE (kgf/cm <sup>2</sup> )	COMPRESSION MOLD PRESSURE (kgf/cm <sup>2</sup> )
Polystyrene (PS)	1.03 - 1.08	0.4 - 0.7 (0.45)	170 - 250	30 - 60	120 - 204	703 - 2110	70.3 - 703
Acrylonitrile Styrene (SAN)	1.07 - 1.1	0.2 - 0.7 (0.6)	250 - 280	50 - 90	160 - 200	710 - 2320	70.3 - 703
ABS	1.03 - 1.06	0.4 - 0.9 (0.6)	250 - 280	50 - 90	160 - 190	960 - 1760	6.7 - 6.8
ABS GF (Glass Fiber)	1.22 - 1.36	0.1 - 0.2	200 - 260	50 - 90	-	1650 - 2810	-
LDPE	0.91 - 0.94	1.5 - 5.0 (1.5 - 3.0)	150 - 270	20 - 60	130 - 170	520 - 2110	7.03 - 56.2
HDPE	0.926 - 0.94	1.5 - 5.0	250 - 300	10 - 60	140 - 190	562 - 2110	7.03 - 56.2
HDPE	0.941 - 0.966	2.0 - 8.0 (1.5 - 3.5)	250 - 300	10 - 60	140 - 232	703 - 1410	0.36 - 0.58
Ethylene Vinylalcohol (EVA)	0.92 - 0.96	0.7 - 1.2	120 - 230	20 - 60	90 - 150	662 - 1410	0.04 - 1.76
Polypropylene (PP)	0.9 - 0.91	1.0 - 2.5 (1.3 - 2.4)	200 - 300	20 - 90	171 - 200	703 - 1410	0.36 - 0.70
PP GF (Fiber Glass 40%)	1.22 - 1.23	0.2 - 0.3	200 - 300	20 - 90	171 - 200	703 - 1410	0.36 - 0.70
Soft PVC (S - PVC)	1.16 - 1.38	1 - 6 (1 - 2)	160 - 190	10 - 20	140 - 170	582 - 1760	35.2 - 141
Hard PVC (H - PVC)	1.30 - 1.58	0.1 - 0.5 (0.5 - 0.7)	170 - 210	10 - 60	140 - 204	703 - 2010	62.7 - 141
ACRYLIC (PMMA)	1.17 - 1.20	0.1 - 0.4 (0.45 - 0.5)	190 - 290	40 - 90	140 - 210	703 - 1410	141 - 703
Polycarbonate (PC)	1.19 - 1.20	0.5 - 0.7 (0.5 - 0.6)	270 - 300	80 - 120	240 - 320	700 - 1410	0.70 - 1.41
PC GF (Fiber 10%)	1.27 - 1.28	0.2 - 0.5	270 - 300	80 - 120	-	700 - 1410	-
PC - GF (Fiber 15% - 40%)	1.34 - 1.52	0.1 - 0.2	270 - 300	80 - 120	-	1650 - 2810	-
Nylon6 (PA 6)	1.12 - 1.14	0.6 - 1.6 (1.0 - 2.0)	240 - 290	40 - 120	-	-	-
PA 6 - GF (GF 30%)	1.36 - 1.42	0.4 - 0.6	240 - 290	40 - 120	-	-	-
NYLON 66 (PA 66)	1.12 - 1.15	0.8 - 1.5 (1.2 - 2.0)	260 - 300	40 - 120	-	-	-
PA 66 - GF (GF 30%)	1.38	0.6	260 - 300	40 - 120	-	-	-
Nylon 11 - 12 (PA 11 - 12)	1.03 - 1.08	0.3 - 1.0 (1.0 - 2.0)	190 - 270	30 - 100	-	-	-
Nylon 40 (PA 40)	1.82	0.2 - 0.9	260 - 320	80 - 120	-	-	-
POM	1.41 - 1.42	2 - 2.5 (1.5 - 2.0)	180 - 230	60 - 120	-	703 - 1410	-
Polybutylene Terephthalat (PBT)	1.31 - 1.38	1.5 - 2.0 (0.5 - 1.0)	230 - 280	40 - 90	-	562 - 1800	-
Polyethylene Terephthalat (PET)	1.25 - 1.40	2.0 - 2.5 (0.5%)	260 - 320	130 - 150	-	700 - 1400	-
MELAMINE	1.31 - 1.91	0.5 - 1.5	143 - 171	-	138 - 168	1650 - 1410	105 - 562
SILICONE	1.8 - 1.94	0 - 0.5	-	-	164 - 182	-	70.3 - 350
UREA	1.47 - 1.52	0.5 - 1.4	143 - 160	-	135 - 176	1650 - 1410	141 - 562
Polymethylenosid (PPD)	1.08	0.8	230 - 235	120 - 135	-	1650 - 1600	-
Celulose Ester (CA - CP - CAB)	1.2	0.4 - 0.7	140 - 155	55 - 90	-	780 - 850	-
Polyetra Fluorethylene (PFTE)	2.16 - 2.20	1.0 - 2.0	-	-	-	1300 - 1600	-
Polyphenylen Sulfida (PPS)	1.3	0.5 - 0.8	310 - 330	130 - 150	-	500 - 1000	-
Fluoro Resin (FEP)	2.15 - 2.17	2 - 3	370 - 430	95 - 230	315 - 399	362 - 1410	70.3 - 141
EPOXY (EP)	1.6 - 2.0	0.1 - 0.5	-	-	140 - 160	-	21.1 - 35.2

(sumber : <http://allaboutmold.co.id/2015/02/karakteristik-material-plastik>)

## **2.8. Waktu Siklus**

Pada suatu mesin, waktu produksi adalah waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk dan mencapai hasil produk yang dibuat. Dimana pada mesin cetak injeksi berinstrumentasi untuk industri kecil merupakan waktu siklus yang diawali dengan penutupan  *mold*  dan melelehkan biji plastik kedalam  *mold*  ( cetakan ) untuk melakukan proses pencetakan dengan waktu yang sudah disetting atau disesuaikan dalam proses injeksi diikuti dengan proses pendinginan pada cetakan dan dilanjutkan pada peroses pembukaan  *mold*  ( cetakan ),kemudian terjadi proses  *eject*  untuk mengeluarkan hasil produk didalam cetakan kemudian terjadi proses seperti diatas begitu seterusnya.

## **2.9. Desain Eksperimen**

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan ( dengan setiap langkah tindakan yang betul – betul terdefiniskan ) sehingga informasi yang berhubungan dengan atau diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan. Dengan kata lain, desain sebuah eksperimen merupakan langkah – langkah lengkap yang perlu diambil jauh sebelum eksperimen dilakukan agar data yang seharusnya diperlukan dapat tercapai sehingga akan membawa kepada analisis obyektif dan kesimpulan yang berlaku untuk persoalan yang sedang dibahas. Dan tujuan dari desain eksperimen adalah untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang diperlukan sebanyak – banyaknya dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang diperlukan sebanyak – banyaknya dan berguna dalam melakukan penelitian persoalan yang akan dibahas (Sudjana,1994:1).

## 2.10. Metode Program Linear

Program linear ( PL ) atau *Linear programming* adalah suatu model dari penelitian operasional atau *Research Operational*. Menurut Mulyono (2004 : 13 ) PL merupakan metode matematika dalam mengalokasikan sumber daya yang langkah untuk mencapai tujuan tunggal seperti memaksimalkan keuntungan atau meminimkan biaya. PL berkaitan dengan penjelasan dunia nyata sebagai suatu model matematika yang terdiri dari sebuah fungsi tujuan linear dan fungsi kendala linear.

Fungsi tujuan dalam PL dimaksudkan untuk menentukan nilai optimum yaitu nilai maksimal untuk masalah keuntungan dan nilai minimum untuk masalah biaya. Fungsi pembatas atau fungsi kendala diperlukan adanya keterbatasan sumber daya yang tersedia. Kendala – kendala ini diekspresikan dalam bentuk sejumlah persamaan atau pertidaksamaan linear dalam variabel atau peubahnya. Dengan demikian, tujuan utama PL adalah menentukan nilai optimum ( maksimal / minimal ) dari fungsi tujuan yang telah ditetapkan (Dwijanto 2008:13 )

PL banyak digunakan dalam bidang industri, transportasi, perdagangan, perkebunan, periklanan, teknik, dan lain sebagainya.

Petunjuk untuk menyusun model matematika adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tipe dari masalah ( maksimasi/minimasi )
2. Mendefinisikan variabel keputusan. Koefisien kontribusi digunakan untuk menentukan tipe masalah dan untuk membantu mengidentifikasi variabel keputusan

3. Merumuskan fungsi tujuan. sesudah menentukan tipe masalah dan variabel keputusan dilanjutkan dengan mengkombinasikan informasi kerumusan fungsi tujuan
4. Merumuskan kendala.
5. Persyaratan non negatif.

Misalnya contoh 2.1 masalah maksimasi

Perusahaan Meubel Tekun Belajar memproduksi dua jenis alat rumah tangga yaitu rak buku dan meja. Setiap hasil produksi harus melalui dua tahap pekerjaan yaitu , pemotongan dan perampungan. Untuk pemotongan tiap rak buku memerlukan waktu 4 jam dan untuk meja juga sama . untuk perampungan memerlukan tiap rak memerlukan waktu 3 jam dan tiap meja 2 jam. Rak buku per buah memberi Rp. 8.000,00 dan meja per buah Rp.6.000,00. Waktu yang tersedia untuk pemotongan setiap priode waktu 100 jam dan untuk perampungan tersedia 60 jam. Perusahaan ingin menentukan jumlah produksi untuk masing –masing jenis barang supaya diperoleh laba maksimum.

(Suyitno 1997:5 )

Menyusun model matematika

1. Jenis tipe masalah adalah masalah maksimumkan besarnya laba.
2. Laba dalam masalah ini ditentukan oleh banyak nya rak buku dan banyak nya meja. Jadi banyak nya rak buku dan meja merupakan variabel keputusan.

Misal :  $x_1$  = banyak nya rak buku yang diproduksi

$x_2$  = banyak nya meja yang diproduksi

3. Dari informasi rak setiap buku memberikan laba Rp.8.000,00 dan meja sebesar Rp.6.000,00; sehingga diperoleh hubungan  $Z = 8000 x_1 + 6000 x_2$  dan tujuannya adalah menentukan nilai  $X_1$  dan  $X_2$  sehingga diperoleh  $Z_{\text{maks}}$ .

4. Kendala waktu pemotongan :

Setiap rak untuk pemotongan diperlukan 4 jam jadi untuk seluruh rak diperlukan waktu  $4 x_1$  jam. Setiap meja untuk pemotongan diperlukan 4 jam, jadi untuk seluruh meja diperlukan waktu  $4 x_2$  jam, yang berarti waktu yang ( waktu yang tersedia ) adalah 100 jam. Yang berarti waktu yang dapat digunakan untuk pemotongan maksimum 100 jam. Dari informasi tersebut diperoleh hubungan  $4x_1 + 4x_2 \leq 100$ .

Setiap rak untuk perampungan diperlukan waktu 3jam, jadi untuk seluruh rak diperlukan waktu  $3x_1$  jam .setiap meja untuk perampungan dibutuhkan waktu 2 jam, jadi untuk seluruh meja diperlukan waktu  $2x_2$  jam.sedangkan kapasitas waktu ( waktu yang tersedia ) adalah 60 jam,yang berarti waktu yang dapat digunakan untuk pemotongan maksimum 60 jam. Dari informasi ini diperoleh hubungan  $3 x_1 + 2 x_2 \leq 60$

5. Persyaratan nonnegatif

Banyak nya rak dan meja tidak mungkin diperoleh negatif, jadi  $x_1, x_2 \geq 0$ .

0. Model matematika ini dari masalah perusahaan Tekun Belajar dapat ditulis sebagai berikut :

Maks :  $Z = 800 x_1 + 600 x_2$

Harus memenuhi

$$4 x_1 + 4 x_2 \leq 100$$

$$3 x_1 + 2 x_2 \leq 60$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Penyelesaian :

Tabel 2.2. Data dari perusahaan tekun belajar

Jenis pengerjaan	waktu produksi		kapasitas waktu
	rak buku	Meja	
pemotongan	4	4	100
perampungan	3	2	60
sumbangan laba	8000	6000	

Langkah 1 : konversi pada bentuk standart

$$\text{Maksimumkan : } Z = 8000 x_1 + 6000 x_2$$

Berdasarkan

$$4 x_1 + 4 x_2 + S_1 = 100$$

$$3 x_1 + 2 x_2 + S_2 = 60$$

$$x_1, x_2, S_1, S_2 \geq 0$$

langkah 2 : Menyusun persamaan –persamaan di dalam tabel .

setelah formasi diubah kemudaian disusun kedalam tabel,dalam bentuk simbol seperti tampak berikut.

Tabel. 2.3. Data Dari Tabel. 2,2. Perusahaan Kolom Kunci Dan Baris Kunci

			8000	6000	0	0	Kolom penilaian
$C_B$	Vd B	Q	$x_1$	$x_2$	$S_1$	$S_2$	
0 0	$S_1$	100	4	3	1	0	$100/4=25$
	$S_2$	60	3	2	0	1	$60/3=20$
	$Z_j$	0	0	0	0	0	
		$Z_j-C_j$	-8000	-6000	0	0	

Kolom  
kunci

Baris  
kunci

Kolom kunci adalah kolom yang merupakan dasar untuk mengubah tabel atas. Pilih kolom pada garis fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesar. Dalam hal ini kolom  $x_1$  dengan nilai -8000. Nilai baris kunci diubah dengan cara membaginya dengan angka kunci.

*Langkah 3* : Mengubah nilai baris –baris yang lain

Gantilah variabel dasar pada baris itu dengan variabel yang terdapat di bagian atas kolom kunci. Nilai – nilai baris yang lain, selain pada baris kunci dapat diubah.

*Langkah 4* : Melanjutkan perbaikan atau perubahan

Ulangi langkah – langkah perbaikan mulai langkah 3 sampai langkah 4 untuk memperbaiki tabel – tabel yang telah diubah nilai nya.

Perubahan berhenti setelah pada baris pertama fungsi tujuan tidak ada yang bernilai negatif.

Tabel 2.4. Tabel nilai baru pertama untuk perbaikan Tabel 2.3

			8000	6000	0	0	Kolom penilaian
$C_B$	VdB	Q	$x_1$	$x_2$	$S_1$	$S_2$	
0	$S_1$	20	0	4/3	1	-4/3	
8000	$S_2$	20	1	2/3	0	1/3	
	$Z_j$	16000	8000	16000/3	0	8000/3	
		$Z_j - C_j$	0	-2000/3	0	8000/3	

*Langkah 5:* Melanjutkan perbaikan atau perubahan nilai – nilai baris

Ulangi langkah – langkah perbaikan mulai langkah 3 sampai langkah 4 untuk memperbaiki tabel – tabel yang telah diubah nilai nya. Perubahan berhenti setelah pada baris pertama fungsi tujuan tidak ada yang bernilai negatif.

Tabel 2.5. Tabel pemilihan kolom kunci untuk tabel 2.4

			8000	6000	0	0	Kolom penilaian
$C_B$	VdB	Q	$x_1$	$x_2$	$S_1$	$S_2$	
0	$S_1$	20	0	4/3	1	-4/3	$5 / (4/3) = 15$
8000	$S_2$	20	1	2/3	0	1/3	$20 / (2/3) = 3$
	$Z_j$	16000	8000	16000/3	0	8000/3	
		$Z_j - C_j$	0	-2000/3	0	8000/3	

Tabel 2.6 Tabel nilai kedua untuk perbaikan dari tabel 2.5

			8000	6000	0	0	Kolom penilaian
$C_B$	VdB	Q	$x_1$	$x_2$	$S_1$	$S_2$	
6000	$x_1$	15	0	1	$\frac{3}{4}$	--1	
8000	$x_2$	10	1	0	-1/2	1	
	$Z_j$	170	8000	6000	500	2000	
		$Z_j - C_j$	0	0	500	2000	

Dari tabel 2.6 nilai  $Z_j - C_j \geq 0$  untuk semua  $j$  sehingga tidak mungkin lagi meningkatkan nilai  $Z$ . Ini berarti telah dicapai nilai maksimum dari  $Z$  sebesar 170.000 bila  $x_1 = 10$  dan  $x_2 = 15$ .

( Suyitno 1997 :88 )

### 2.11. Program Solver

Penyelesaian masalah linear dengan menggunakan program komputer. Dalam hal ini program komputer yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang akan dikaji adalah program excel. Prinsip kerja utama dari program Excel adalah memasukan data sebagai rumusan permasalahan yang terdiri dari optimasi dari fungsi maksimal atau minimal dan fungsi kendala. Rumusan yang dimaksud dalam hal ini adalah bentuk matematika yang berupa fungsi linear .

Untuk menyelesaikan masalah – masalah yang meliputi jawaban fungsi tujuan dan jawaban fungsi kendala serta jawaban analisis sensitivitas kita menggunakan *solver* yang ada pada salah satu menu Excel dengan cara klik menu *tools* lalu pilih *solver*.

*Solver* merupakan program *add-in* yang berada dibawah program Microsoft Excel. Program *solver* ini berisi perintah – perintah yang berfungsi untuk melakukan analisis terhadap masalah optimalisasi. *Solver* ini tidak secara otomatis ada dalam Microsoft Excel ketika pertama di instal tetapi harus di instal secara khusus (Dwijanto 2008: 49 ).

Sebelum memasuki *solver*, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mendefinisikan dan memilih variabel keputusan, kendala dan fungsi tujuan dari suatu masalah. Setelah langkah pertama dilakukan masukan data fungsi tujuan, kendala dan variabel keputusan dalam Excel.

Untuk menentukan nilai optimal suatu PL dengan Excel dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

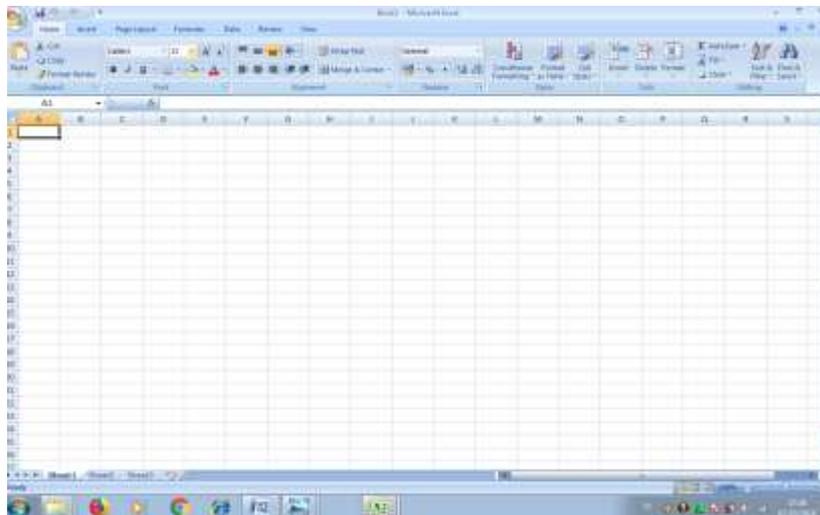
1. Menentukan model PL berdasar data
2. Menentukan formulasi program untuk Excel

Cara untuk mengoprasikan program Excel melalui *Windows* pertama kalinya pilih klik  ( *start* ) kemudian pilih program dan arahkan pada *Miscrosoft Excel* dan di klik seperti gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tampilan *Windows*

Pada layar akan muncul tampilan excel yang siap untuk tempat mengetikkan formulasi seperti gambar 2.4.



Gambar 2.4. Tampilan *Worksheet Excel*

Selanjutnya Excel siap mengerjakan kasus program linear, sebagai contoh permasalahan lihat contoh 2.1. langkah – langkah pengerjaan masalah PL pada lembar kerja ( worksheet ) Excel adalah sebagai berikut :

1	A	B	C	D	E	F
1	jenis	waktu produksi	kapasitas waktu			
2	pengerjaan	rak buku	meja			
3	pematangan	3	2	100		
4	sumbangan laba	8000	6000	0		
5	banyaknya	0	0			
6	kebutuhan	waktu produksi	pemakaian waktu			
7	jenis	waktu produksi	pemakaian waktu			
8	pengerjaan	rak buku	meja	0		
9	pematangan	0	0	0		
10	keuntungan	0				
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Gambar 2.5 Input Data pada Solver

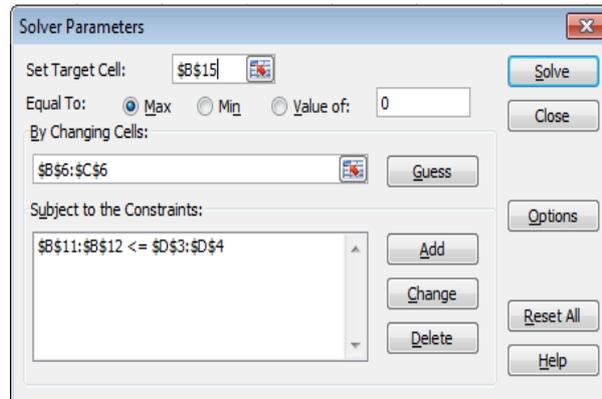
Pertama masukan 0 pada banyak nya rak buku dan meja, dengan demikian maka sel B6 dan C6 diisikan 0. Ada tabel “ kebutuhan waktu “ merupakan perkalian antara waktu jenis pengerjaan untuk tiap rak buku dengan banyak nya rak buku begitu juga dengan meja. Sehingga pada sel B11 disikan dengan formula =” B3\*B6”, begitu juga dengan sel yang lain sel B12 diisikan dengan formula = “ B4\*B6”, sel C11 diisikan dengan formula = “ C3\*C6” dan sel C12 diisikan dengan formula = “C4\*C6”.

Pemakaian waktu merupakan jumlah dari waktu pematangan rak buku dan meja, sehingga sel D10 diisikan dengan formula =” B10+C10” atau “=SUM( B10: C10)” begitu juga untuk sel D11 diisikan dengan formula “= B11 + C11” atau “=SUM (B11:C11)”.

Keuntungan merupakan perkalian antara sumbangan laba untuk tiap jenis produk dengan banyak nya sehingga sel B15 diisikan dengan formula”=B15\*B6+C5\*C6” atau “=SUMPRODUCT(B5:C5,B6:C6). Dengan demikian program *solver* siap untuk dijalankan.

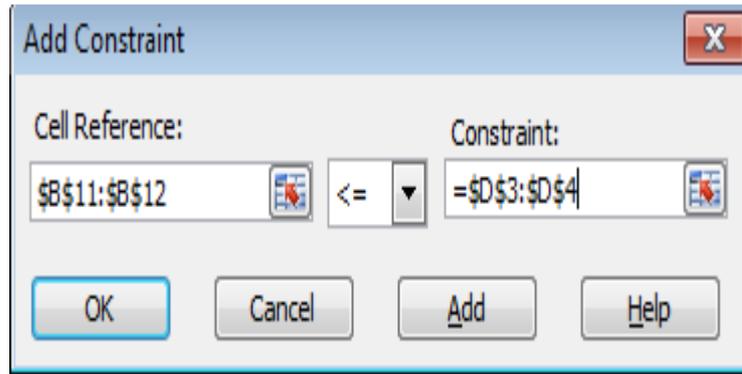
### 3. Jalankan program *solver*

Program *solver* berada pada *tools*, sehingga klik pada *Tools* kemudian klik *solver* maka akan muncul tampilan seperti Gambar 2.6.



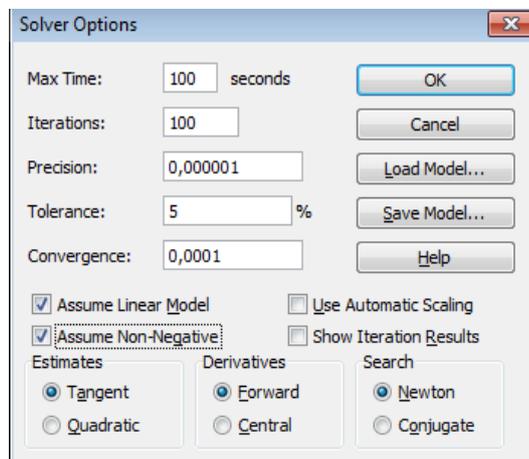
Gambar 2.6. *Solver Parameters*

Pada set target Cell isikan keuntungan, yaitu cukup klik sel B15 sehingga pada *set target cell* akan berisi “\$B\$15”. Equal To merupakan fungsi tujuan yang hendak dipecahkan, karena dalam masalah memaksimalkan laba maka isikan *Equal To* dengan *Max*. *By Changing Cells* merupakan variabel yang akan diganti nilainya, dalam hal ini adalah banyak nya rak buku dan meja sehingga isikan dengan mendrag pada sel B6 sampai C6 sehingga *By Changing Cells* akan terisi \$B\$6:\$C\$6. *Subject to the constraints* merupakan ketentuan bahwa pemakaian waktu tidak boleh melebihi kapasitas waktu yang ditentukan. Oleh karena itu, sel D11 <= D3 dan D12 <= D4 yaitu dengan cara mengeklik muncul menu seperti berikut ini.



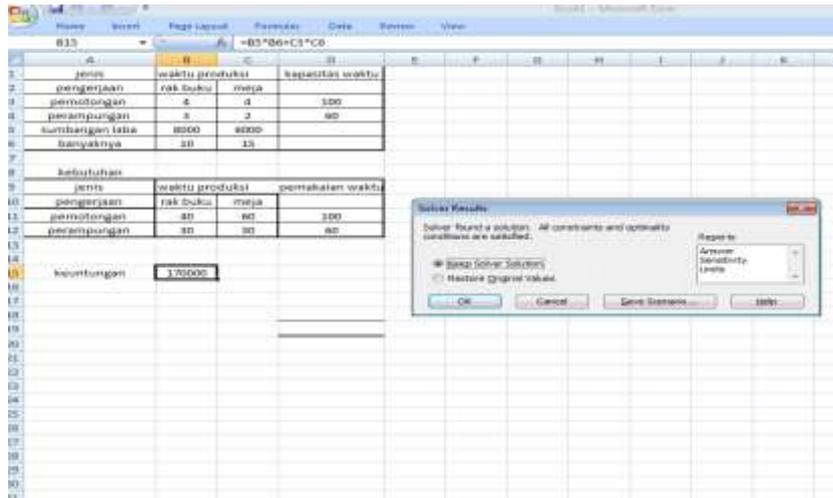
Gambar 2.7 Menu *Add Constraint*

Isikan *Cell Reference* dengan men-drag sel D11 sampai D12 dan pada *constraints* dengan meng-drag sel D3 sampai D4 kemudian pilih ok, maka akan kembali ke menu *Solver Parameters*. Kemudian pilih Options dengan mengklik Options pada menu Solver parameter, sehingga muncul menu seperti Gambar 2.8



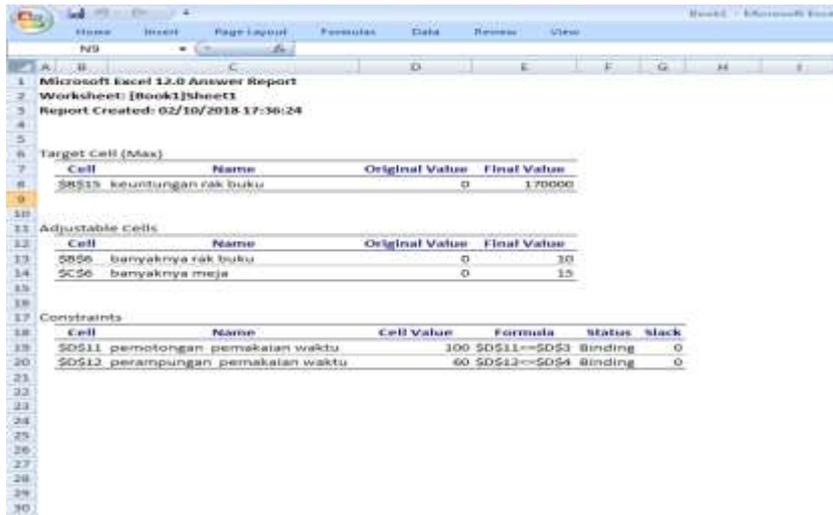
Gambar 2.8. Menu *Solver Options*

Pilih assume linear Model dan Assume Non- Negative, kemudian pilih OK, maka akan kembali ke menu solver parameters. Selanjutnya pilih solver, maka diperoleh hasil sebagai Gambar 2.9 .



Gambar 2.9. Hasil perhitungan pada *Solver Results*

Dalam masalah penyelesaian ini program linear biasa *Solver* Excel, bisa mengeluarkan tiga macam output, yaitu *Answer, Sensitivity, Limits* kemudian pilih OK, maka akan diperoleh uraian tentang *Answer* pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Lembar Kerja *Answer*

Microsoft Excel 12.0 Sensitivity Report  
Worksheet: [Book1]Sheet1  
Report Created: 02/10/2018 17:36:24

Adjustable Cells

Cell	Name	Final Value	Reduced Cost	Objective Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$B\$6	banyaknya rak buku	10	0	8000	1000	2000
\$C\$6	banyaknya meja	15	0	6000	2000	666,666667

Constraints

Cell	Name	Final Value	Shadow Price	Constraint R.H. Side	Allowable Increase	Allowable Decrease
\$D\$11	pemotongan pemakaian waktu	100	500	100	20	20
\$D\$12	perampungan pemakaian waktu	60	2000	60	15	10

Gambar 2.11. Lembar Kerja *Sensitivity*

Microsoft Excel 12.0 Limits Report  
Worksheet: [Book1]Limits Report 1  
Report Created: 02/10/2018 17:36:24

Cell	Name	Value
\$B\$15	keuntungan rak buku	170000

Cell	Adjustable Name	Value	Lower Limit	Target Result	Upper Limit	Target Result
\$B\$6	banyaknya rak buku	10	0	90000	10	170000
\$C\$6	banyaknya meja	15	0	80000	15	170000

Gambar 2.12. Lembar kerja *Limits*

Dari hasil diatas terlihat bahwa keuntungan sebesar Rp. 170.000,00; dengan banyaknya rak buku 10 buah dan meja 15 buah. pemakaian waktu pemotong 100 jam dipakai habis dan untuk perampungan diperlukan waktu 60 jam dipakai habis yaitu terlihat pada sel *Sleck* terisi 0

## 2.12 Industri Manufaktur

Manufaktur berasal dari kata *manufacture* yang berarti membuat dengan tangan ( manual ) atau dengan mesin, sehingga menghasilkan sesuatu barang. Manufaktur merujuk kepada kegiatan yang bertujuan untuk menghasilkan barang. Dengan demikian manufaktur berarti mengubah bahan baku menjadi melalui proses kimia atau mekanik (Bangun 1989 :87 )

Menurut definsi lain manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan peralatan dan suatu medium proses untuk tranformasi bahan mentah mejadi barang jadi untuk dijual ( Anonim 2011 ).

Menurut ( Mulyadi 2000:12 ) perusahaan manufaktur mempunyai kegiatan pokok mengolah bhahan baku menjadi produk jadi yang siap untuk dijual. Oleh karena itu, fungsi pokok yang terdapat pada perusahaan manufaktur antar lain sebagai berikut.

1. Fungsi produksi

Dalam arti luas fungsi produksi adalah proses menambah nilai guna dari barang, baik barang tersebut berubah benda maupun jasa sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia dengan cara yang paling efektif ( Nugroho dan Suramihardja 1980: 61 )

2. Fungsi pemasaran

Hasil produksi yang diperoleh dari barang dan jasa yang siap untuk dijual dan dipasarkan kepada masyarakat . sehingga definisi dari fungsi pemasaran adalah memasarkan produk tersebut kepada konsumen.

### 3. Fungsi administrasi

Menurut definisi administrasi adalah tugas pokok yang di kelolah suatu perusahaan dalam mengatur rincihan biaya dalam perusahaan menjadi biaya produksi.



### 3.2. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data dilakukan kualitatif dan kuantitatif dimana pengolahan data secara kualitatif dilaksanakan meliputi gambaran dan kondisi mesin cetak injeksi berinstrumentasi untuk industri kecil. Data kuantitatif meliputi jumlah permintaan/keuntungan dan ketersediaan sumber daya.

Data diolah dengan *Software Microsoft Excel* khusus nya pada program *Solver* yang merupakan salah satu program komputer untuk aplikasi program linear ( *linear programming* ), yaitu suatu pemodelan matematik yang digunakan untuk mengoptimalkan hasil produksi Aksesoris *spare part* mobil dan aksesoris *spare part* sepeda motor.dengan suatu tujuan kendala yang ada untuk di optimalisasikan. Adapun kelebihan pada program *Solver* antara lain sebagai berikut :

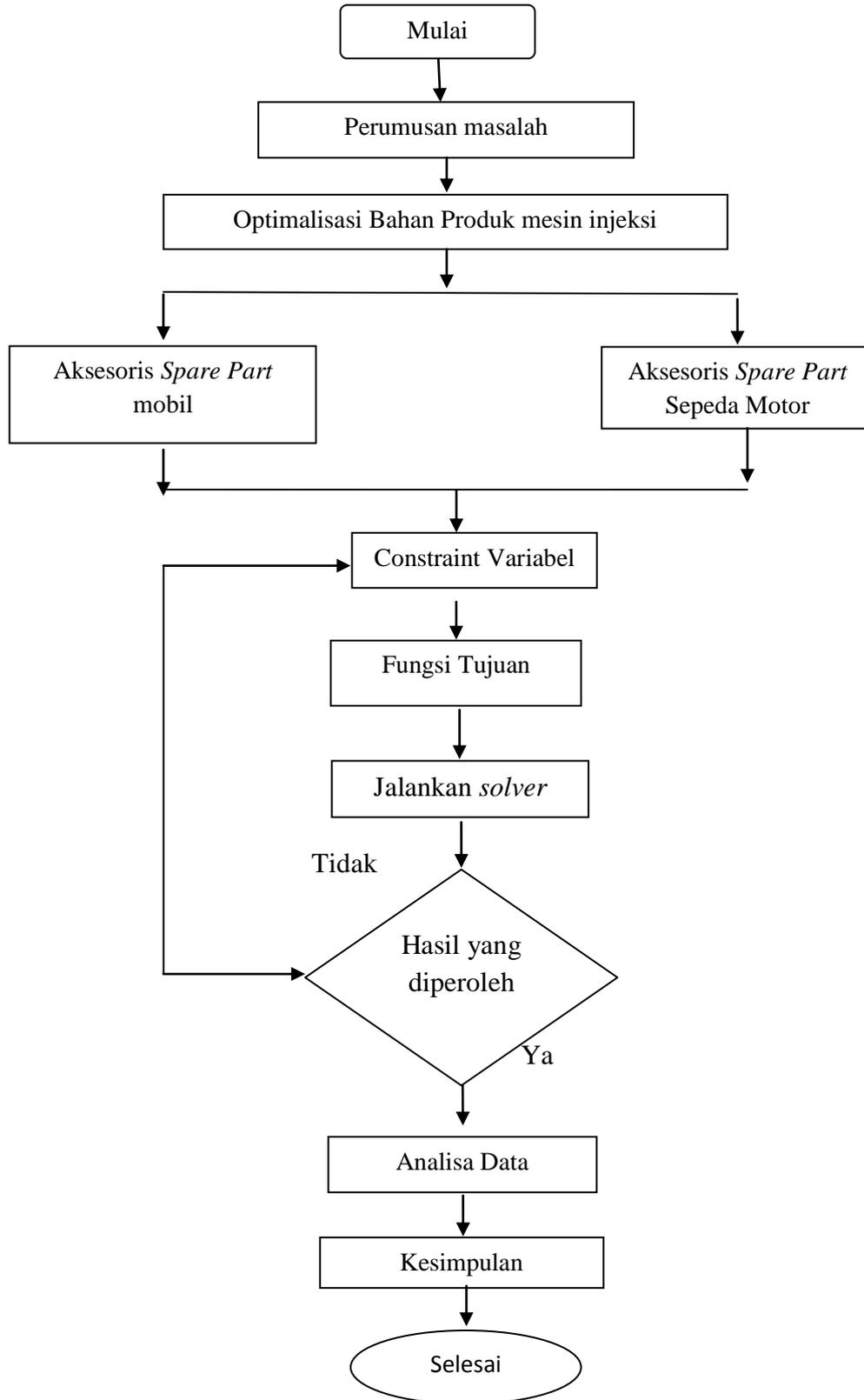
1. Dapat menemukan tingkat ketelitian yang tinggi
2. Terintegritas dengan *Office Program*
3. Memudahkan dalam mengesekusi data
4. Memudahkan dalam pembacaan data.

Adapun langkah – langkah dalam pengambilan data pada produksi Aksesoris *Spare Part* Mobil dan Aksesoris *Spare Part* Sepeda Motor adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tipe masalah pada mesin cetak injeksi berinstrumentasi untuk industri kecil yang ada di Laboratorium proses produksi Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri no.3 Medan.

2. Mendefinisikan variabel keputusan berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian .
3. Menentukan fungsi tujuan untuk mengoptimalkan hasil produksi
4. Merumuskan kendala dari masalah produksi
5. Menyelesaikan pemodelan yang telah ada dengan menggunakan program linear dan program *Solver* pada *Microsoft Excel*
6. Menganalisis output yang dihasilkan dari proses produksi.
7. Menafsirkan jawaban model menjadi jawaban atas masalah nyata pada masalah optimalisasi produksi .

### 3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.11. Diagram Alir Penelitian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Penerapan Model

Dari hasil pengujian di laboratorium maka didapat hasil penelitian sebagai berikut :

Tersedia waktu 48 jam / minggu waktu produksi Aksesoris *Spare Part* Mobil dan Aksesoris *Spare Part* Sepeda Motor dengan bahan baku material LDPE yang digunakan untuk produksi bahan plastik sebanyak 80 kg /minggu. Masalahnya menentukan jumlah masing – masing produk agar keuntungan maksimum. Namun produksi melibatkan waktu dan kendala penyimpanan ditempat.

Tabel 4.1 Tabel Data Penelitian

Resorce	Product		Ketersediaan Sumber Daya
	Aksesoris Spare Part Mobil	Aksesoris Spare Part Sepeda Motor	
Bahan material platik	10 kg	12 kg	80 kg / minggu
Waktu produksi	8 jam	8 jam	48 jam / minggu
Penyimpanan	5 kg	7 kg	
Profit	120 Pcs	80 Pcs	

Kembangkan formulasi pemrograman linear untuk memaksimalkan keuntungan penelitian ini.

Solusi dalam mengoptimalkan hasil produk memutuskan berapa banyak setiap keuntungan dari produk Aksesoris *Spare Part* Mobil dan Aksesoris *Spare Part* Sepeda Motor untuk memaksimalkan keuntungan. Jika jumlah mingguan yang diproduksi masing –masing adalah  $x_1$  dan  $x_2$ . Total laba mingguan dapat dihitung sebagai laba total.

$$\text{Total keuntungan} = 120 x_1 + 80 x_2$$

Atau ditulis sebagai fungsi tujuan program linear.

Kendala dapat dikembangkan dengan cara yang sama .misal total bahan material yang digunakan dihitung sebagai.

$$\text{Total bahan material yang digunakan} = 10 x_1 + 12 x_2$$

Jumlah total ini tidak dapat melebihi supply yang tersedia 80 kg / minggu sehingga kendala dapat direpresentasikan sebagai.

$$10 x_1 + 12 x_2 \leq 80$$

Kendala yang tersisa dapat dikembangkan dengan cara yang sama, dengan model total formulasi LP yang dihasilkan oleh :

$$\text{Maksimal } Z = 120 x_1 + 80 x_2 \quad ( \text{Memaksimalkan Laba} )$$

Subject pada :

$$10 x_1 + 12 x_2 \leq 80 \quad ( \text{Kendala Material} )$$

$$8x_1 + 8x_2 \leq 48 \quad (\text{Kendala waktu})$$

$$x_1 \leq 5 \quad (\text{Kendala penyimpanan Aks Spare part mobil})$$

$$x_2 \leq 7 \quad (\text{Kendala penyimpanan Aks Spare Part Sepeda Motor})$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \quad (\text{Kendala positifitas})$$

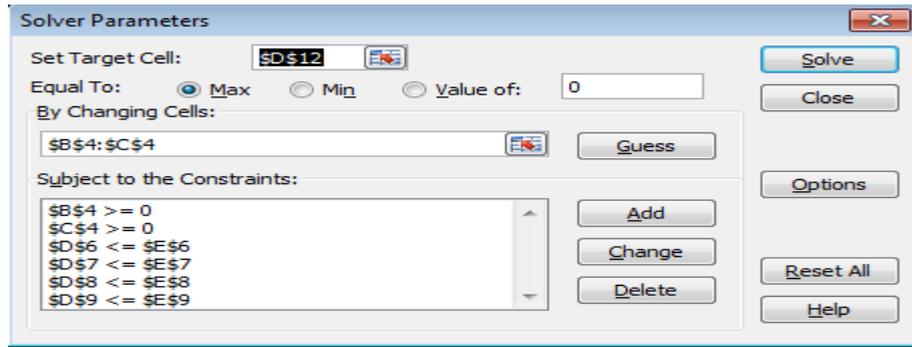
Persamaan diatas adalah merupakan formulasi LP (*Linear Programming*) penjelasan sebelah kanan pada kurung telah diajukan untuk memperjelas arti dari setiap istilah. dari tugas penelitian ini metode yang digunakan untuk menganalisa data adalah dengan metode linear solusi model pada *Solver* di Microsoft Excel.

#### 4.1.2. Analisa data menggunakan model pada *Solver*.

	A	B	C	D	E
1					
2		OPTIMALISASI PRODUK BAHAN SPARE PART MOBIL DAN SPARE PART SEPEDA MOTOR			
3		Spare part Mobil	Spare Part sepeda motor	total	Ketersediaan sumber daya
4	Produced	0	0		
5					
6	Bahan material plastik	10	12		80
7	Waktu prouksi	8	8		48
8	Penyimpanan Spart Part mobil				5
9	Penyimpanan Spart Part Sepeda motor				7
10					
11	Unit profit	120	80		
12	Profit	0	0		
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					

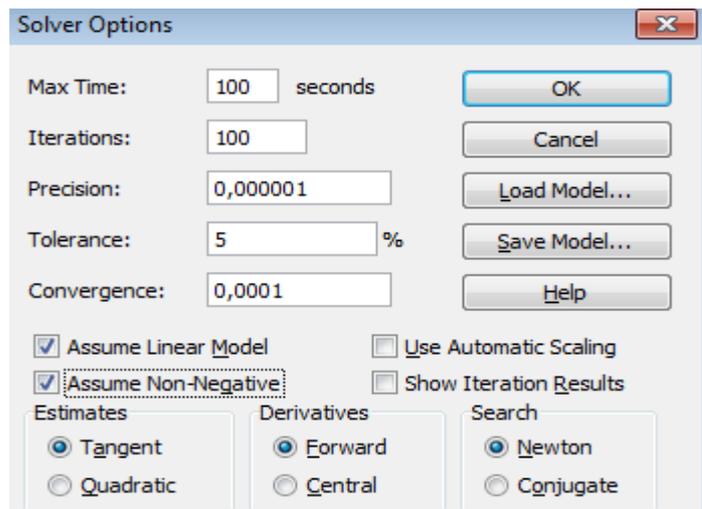
Gambar 4 .1 Input data pada Lembar Kerja Excel

1. Masukkan 0 pada Produced Aksesoris *Spare Part* Mobil dan Aksesoris *Spare Part* Sepeda Motor. Dengan demikian maka sel B4 dan C4 diisi dengan 0. Ada tabel ” kebutuhan bahan material merupakan perkalian antara bahan material untuk tiap – tiap *Spart Part* . sehingga pada sel D6 disikan formula =  $B6*B4 + C6*C4$ . Begitu juga dengan sel yang lain “ kebutuhan waktu “ merupakan perkalian dan penjumlahan antara waktu untuk tiap – tiap *spare part*, sehingga pada sel D7 disikan formula =  $B7*B4+C7*C4$ . Sel B12 disikan dengan formula =  $B4*B11$  dan Sel C11 di isikan dengan formula  $C14*C11$ . Pemakaian bahan material merupakan jumlah dari masing –masing *Spare Part* yang digunakan sehingga Sel D12 diisikan formula  $B12+C12$ .
2. menjalankan program *Solver*
  - Klik menu Tools Solver kemudian isikan Set Target Cells fungsi tujuan, yaitu cell Bahan Material yang digunakan.
  - Pada Equal to pilih max karena fungsi tujuannya adalah memaksaimalkan laba .
  - *By Changing Cells* diisikan dengan banyak nya produksi untuk tiap – tiap *Spart Part*.
  - *Subject to The Cell –Cell* tempat fungsi kendala, meliputi kendala bahan material , waktu jam produksi dan jumlah output masing – masing *Spare Part*. Karena hasil untuk variabel keputusan untuk variabel keputusan harus bilangan bulat maka pada *Subject to The Constraints* harus diisi kendala cell variabel keputusan *integer*.



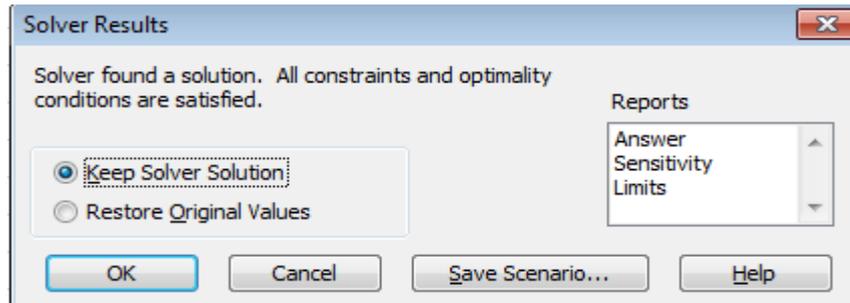
Gambar 4.2 Formula pada *Solver Parameters*

3. Klik *Options*, sehingga muncul tampilan seperti Gambar 4.3 pilih *Assume Linear Model*, dan *Assume Non Negative*, karena variabel keputusan yang akan dicari adalah nol ( 0 ) ( selain sel yang belum ditentukan batas bawah dalam *Constraints*). Kemudian Klik *OK* pada menu *Solver Options* sehingga akan kembali ke menu *Solver Parameter*



Gambar 4.3. Formulasi pada menu *Solver Options*

4. Klik *Solver* pada menu *Solver Parameter* sehingga akan muncul menu seperti Gambar 4.4.



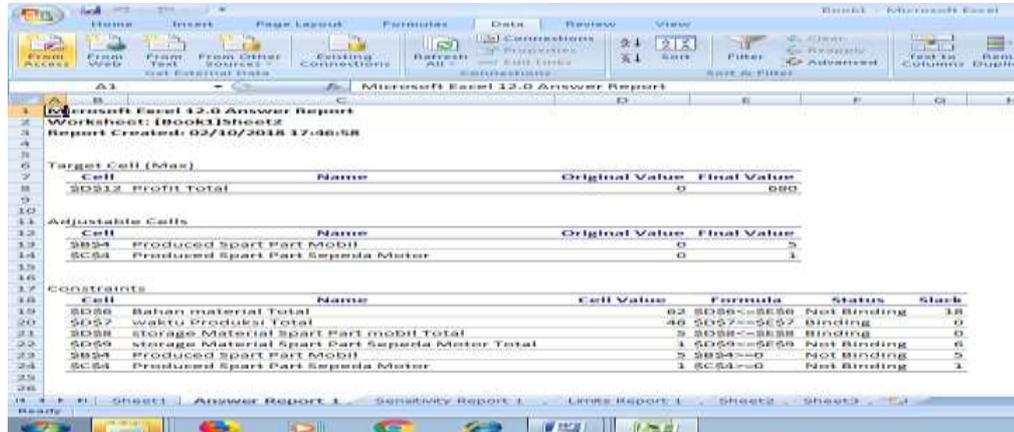
Gambar 4.4. Formulasi pada menu *Solver Results*

Ketika mengklik Solver pada menu Solver Parameter maka sudah kelihatan hasil dari optimasi. Kemudian apabila pilih ok pada menu *Solver Results* maka pekerjaan selesai, tetapi jika diklik *Answer, Sensitivity* dan *Limits* kemudian pilih OK, maka akan diperoleh kesimpulan atau uraian tentang jawaban (*Answer*), *Analisis Sensitivity* dan hasil *Limit* nya yang dituliskan dalam lembar kerja sisipan. akan tetapi dalam kasus *integer*.

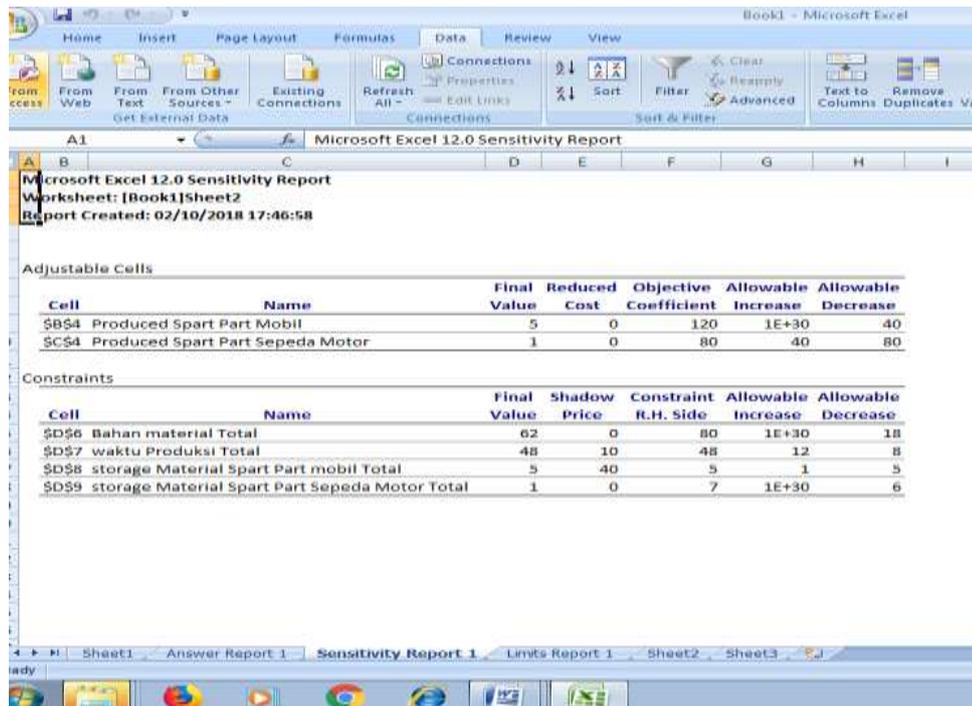
	A	B	C	D	E
1					
2		OPTIMALISASI PRODUK SPART PART MOBIL DAN SPART PART SEPEDA MOTOR			
3		Spart Part Mobil	Spart Part Sepeda Motor	Total	Ketersediaan Sumber Daya
4	Produced	5	1		
5					
6	Bahan material	10	12	62	80
7	waktu Produksi	8	8	48	48
8	storage Material Spart Part mobil			5	5
9	storage Material Spart Part Sepeda Motor			1	7
10					
11	Unit Profit	120	80		
12	Profit	600	80	680	

Gambar 4.5. Output Hasil Analisis dari *Spare Part Mobil* dan *Spare Part Sepeda Motor*

Dari hasil diatas terlihat bahwa Z sebesar 680 dengan banyak nya untuk variabel  $x_1 = 600$  dan  $x_2 = 80$ . Untuk analisis Answer dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Output Analisis Answer



Gambar 4.7. Lembar Kerja Sensitivity

Microsoft Excel 12.0 Limits Report

Worksheet: [Book1]Limits Report 1  
Report Created: 02/10/2018 17:46:58

Cell	Target Name	Value
\$D\$12	Profit Total	680

Cell	Adjustable Name	Value	Lower Limit	Target Result	Upper Limit	Target Result
\$B\$4	Produced Spart Part Mobil	5	0	80	5	680
\$C\$4	Produced Spart Part Sepeda Motor	1	0	600	1	680

Gambar 4.8. Lembar Kerja *Limits*

Dari hasil penelitian terlihat bahwa keuntungan sebesar 680 pcs. dengan banyak bahan *Spare Part* Mobil tersimpan bahan 5 kg dan *Spare Part* Sepeda Motor tersimpan 1 kg. Pemakaian bahan material 80 kg / minggu. dan waktu produksi diperlukan 48 jam dipakai habis ,yaitu terlihat pada sel Slack 0.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Optimalisasi produk Aksesoris *Spare Part* Mobil dan *Spare Part* Sepeda Motor mesin cetak injeksi ini dapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Formulasi matematika dalam mengoptimalkan produksi *Spare Part* Mobil dan *Spare Part* Sepeda Motor
  - Fungsi tujuan memaksimalkan jumlah dari perkalian antara kontribusi bahan material dengan variabel keputusan dari tiap – tiap *Spare Part*.
  - Fungsi kendala jam produksi dan penyimpanan dari tiap – tiap variabel *Spare Part* keputusannya harus non negative.
2. Keuntungan dari setiap profit pada tiap – tiap *Spare Part* yang di produksi pada mesin cetak injeksi berinstrumentasi sudah optimal. Hal itu dapat ditunjukkan dengan perhitungan program *Solver* yang memenuhi fungsi tujuan dan fungsi kendala atau dengan kata lain yang diperoleh merupakan nilai optimal. Adapun nilai dari variabel yang di optimalkan adalah pada *Spare Part* Mobil ( $x_1$ ) = 600 pcs dan *Spare Part* Sepeda Motor ( $x_2$ ) = 80 pcs atau jumlah total keuntungan 680 pcs dengan penyimpanan bahan untuk *Spare Part* Mobil 5 kg dan *Spare Part* Sepeda Motor 1 kg.

#### 5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini :

Dalam menentukan perancangan produksi dari produk *Spare Part* Mobil dan *Spare Part* Sepeda Motor pemodelan matematika untuk memaksimal hasil produksi dengan banyak nya permintaan konsumen .harus memenuhi standart

optimal. Penulis mempunyai saran yang mungkin dapat berguna sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan produksi untuk mengoptimalkan suatu produk adapun saran tersebut adalah sebagai berikut :

Program linear dengan menggunakan *solver* pada *Microsoft Excel* dapat dijadikan sebagai pemodelan dalam menganalisa keuntungan dari suatu produk yang di produksi dalam sebuah perusahaan. Untuk mengoptimalkan waktu dan penggunaan bahan material yang efektif bagi perusahaan.

Demikian beberapa kesimpulan dan saran yang diajukan penulis dengan harapan agar sebuah perusahaan industri manufaktur dapat berjalan secara optimal dan meningkatkan hasil produksi secara efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, A.D., 2005, *Prediksi Shrinkage Untuk Menghindari Cacat Produk Pada Plastic Injection*, Media Mesin Vol. 6 No. 2, Teknik Mesin UMS, Surakarta.
- Anonim. 2011. Manufaktur. On line at <http://id.wikipedia.org/wiki/Manufaktur>.  
[diakses tanggal 22 januari 2011].
- Bryce D. M., 1998, *Plastic Injection Molding Mold Design and Construction Fundamentals*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, Michigan.
- Bangun D. 1989. *Manajemen Perusahaan*. Jakarta : Depdikbud Direktorat Jenderal pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kerja Kependidikan.
- Dwijanto. 2007. *Program Linear Berbantuan Komputer Lindo, Lingo dan Solver*.  
Semarang : UPT UNNES Psess
- Dwi Zulianto ,(2015), *Analisa Penaruh Variasi Suhu Plastik Terhadap Cacat Warpage Dari Produk Injection Molding Berbahan Polypropilen ( PP )* .*Jurnal Teknk Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta* .
- Kristanto, Yuli., Kusharjanta, Bambang., Ubaidillah.,2013,*Pengaruh Suhu Pemanas Terhadap Shrinkage Pada Proses Injeksi Polypropylene*, Mekanika, Vol. 12, No.1, September 2013.
- Kwong, C.K.; and Smith, G.F. (1998). *A computational system for process design of injection moulding: Combining blackboard-based expert system and case-based reasoning approach*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 14(4), 239-246

- Mawardi Indra , 2014, *Pengembangan Mesin Injeksi Plastik Skala Industri Kecil*” jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Mulyadi. 2000. *Akuntansi Biaya. Edisi 5*. Yogyakarta : Aditya Media
- M. Packianathera,( 2013 ) *Optimisation Of Plastic Micro Injection Molding proces throught design of experiments* Procedia Manufacturing12,) Brimingham.
- Mulyono S. 2004. *Riset Operasi*. Jakarta : Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Suyitno H. 1997. *Program Linear*. Semarang : Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA IKIP Semarang.
- Wahyudi, U., 2014, *Studi Pengaruh Injection Time Dan Backpressure Terhadap Cacat Penyusutan Pada Produk Kemasan Toples Dengan Proses Injection Molding Menggunakan Material Polistyrene*, Jakarta : Universitas Mercubuana.
- Yunus Yakub, 2011, *Perencanaan Sistem Pendingin Cetak Plastik Holder Pulley PerusahaanManufaktur*.<http://ejournal.itn.ac.id/index.php/flywheel/article/view/530> Diakses tanggal 21 februari 2017.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Nama** : Muhammad Ilham  
**NPM** : 1307230067  
**Tempat / Tanggal lahir** : 24 Maret 1992  
**Jenis Kelamin** : Laki – Laki  
**Anak** : Pertama Dari Tiga Bersaudara  
**Status** : Duda  
**Alamat** : Dusun IX Lrg. Pendowo Saentis\_  
**Kel / Desa** : Saentis  
**Kecamatan** : Percut Sei Tuan  
**Provinsi** : Sumatera Utara  
**No Hp /Wa** : 081264262643  
**Email** : muhammad.ilham199267@gmail.com  
**Nama Orang Tua**  
**Ayah** : Joko Purnomo  
**Ibu** : Nur Saini Br. Ginting

### Pendidikan Formal

1998 – 2004 : SD Negeri 104209 Saentis  
2004 – 2007 : SMP Negeri 3 Percut Sei Tuan  
2007 – 2010 : SMK Citra Harapan 2 Percut Sei Tuan  
2013 – 2018 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara