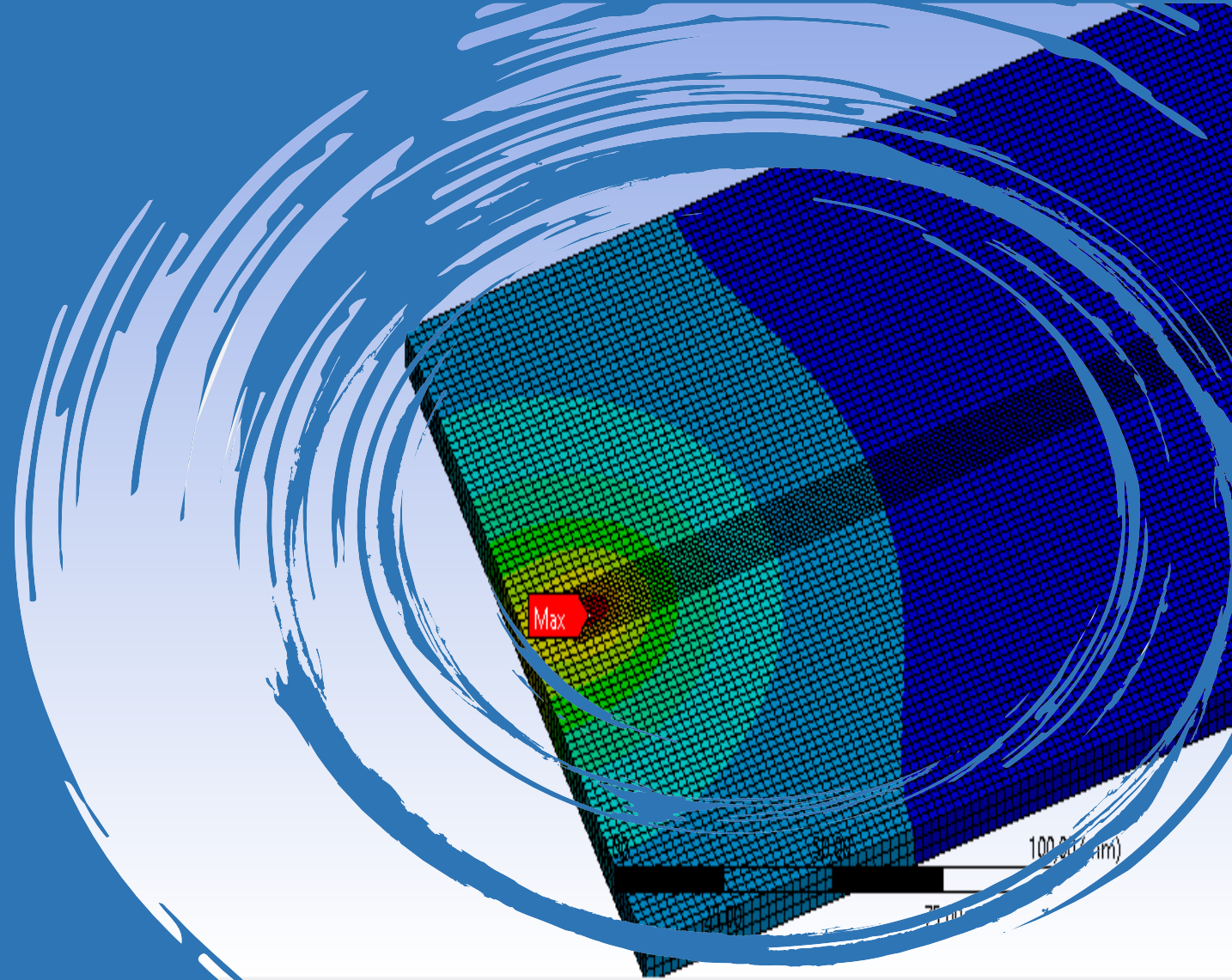


PENGARUH MODEL MESH SEGIEMPAT DAN SEGITIGA TERHADAP TEMPERATUR PROSES FSW

Disusun Oleh :
Muhamad Abbi Rozzaq
181020200078

Dosen Pembimbing :
Mulyadi, ST., MT.

Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
2023





TOPIK PEMBAHASAN

1

PENDAHULUAN

2

KAJIAN PUSTAKA & DASAR TEORI

3

METODOLOGI PENELITIAN

4

HASIL DAN PEMBAHASAN

5

KESIMPULAN DAN SARAN

6

DAFTAR PUSTAKA



LATAR BELAKANG

Meshing





RUMUSAN MASALAH



- Bagaimana kontribusi masing-masing geometri pin terhadap temperature hasil simulasi transient thermal ?
- Bagaimana pengaruh model mesh segiempat dan segitiga terhadap temperatur proses FSW?



BATASAN MASALAH

Metode yang digunakan adalah Simulasi
Transient Thermal dari Ansys

Mesh yang dianalisa yaitu mesh Segiempat dan
Segitiga

Pengukuran gaya aksial menggunakan loadcell

Tool FSW menggunakan pin *Cilynder*, *Tapper
Cilynder*, *Tapper Square*, dan *Hexagonal*



TUJUAN PENELITIAN

- Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh model mesh segiempat dan segitiga terhadap temperatur proses FSW





MANFAAT PENELITIAN

Mengetahui cara ambil data gaya aksial *pra* penelitian

Mengetahui macam – macam geometri pin yang digunakan untuk penelitian ini

Mengetahui macam – macam *mesh*

Menambah ilmu dan wawasan tentang *meshing*, *heat generation*, dan *transient thermal*

Mengetahui *pin* yang valid digunakan pada tiap *mesh*





TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

KAJIAN PUSTAKA



FRICTION STIR WELDING



HEAT GENERATION



GEOMETRI PIN



TRANSIENT THERMAL

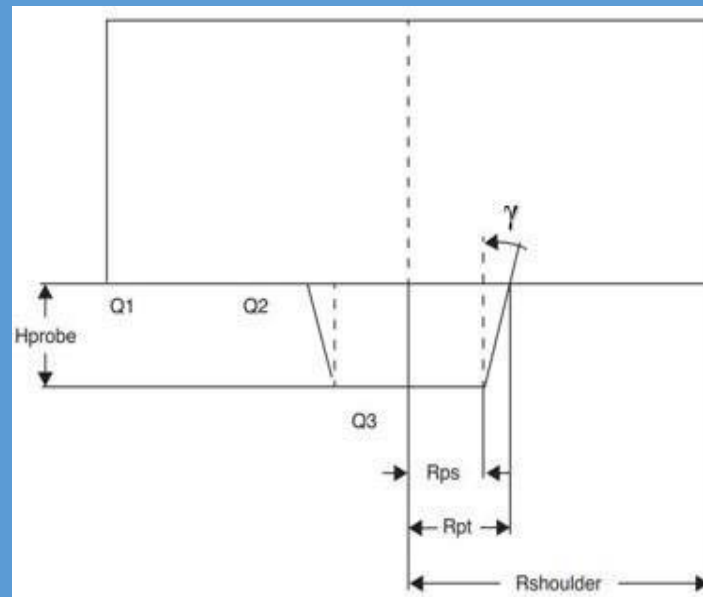


MESHING



KAJIAN PUSTAKA

Panas yang ditimbulkan oleh friction stir welding dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu Q1, Q2 dan Q3. Q1 adalah panas yang dihasilkan di bahu. Q2 adalah panas yang dihasilkan pada sisi pin, dan Q3 adalah panas yang dihasilkan pada sisi pin permukaan jarum. Kriteria kondisi optimal adalah suhu maksimum proses harus mendekati 315 °C, menurut Weis Olea, C. A. (2008), kekuatan suhu optimum untuk nilai kekerasan, kekuatan luluh, dan kekuatan tarik tertinggi adalah suhu maksimum 315 °C.

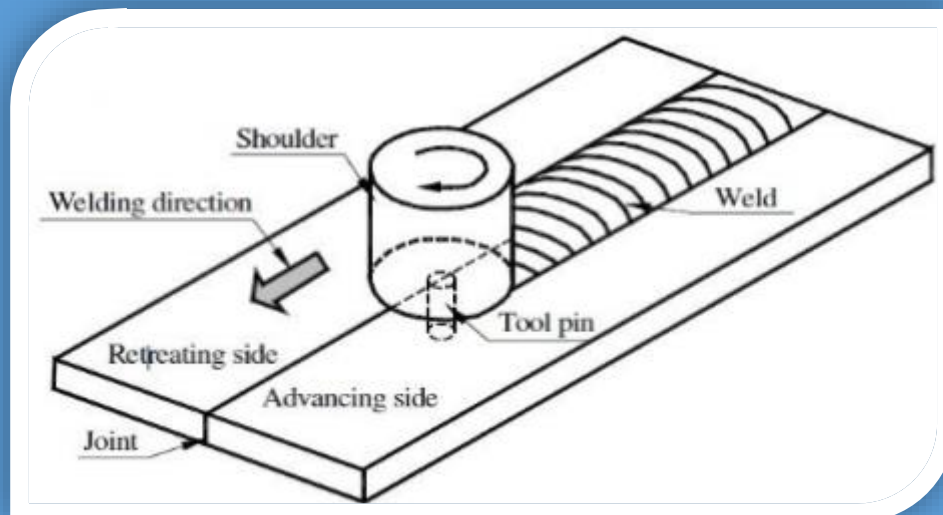


Heat generation in FSW

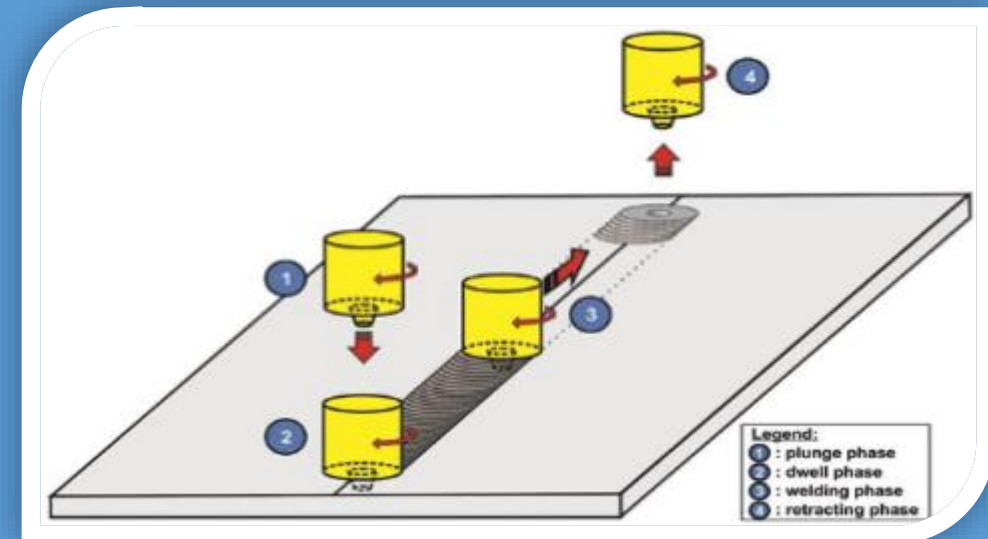


FRICTION STIR WELDING

Pengelasan adalah teknik penyambungan yang paling sering digunakan dalam konstruksi struktur dan mesin. Proses FSW adalah teknik las padat yang menggunakan alat (shoulder dan pin) yang berputar dengan gerakan maju tertentu (feeding) sedangkan logam di kedua sisi objek yang akan dilas melunak (meleleh) dan menyambung. Satu-satunya perbedaan FSW yang dapat digunakan pada industri manufaktur adalah AA 6061, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi parameter pahat putaran, laju pemakanan, dan pahat terhadap sifat mekanisme sambungan.



Proses FSW



Proses FSW



GEOMETRI PIN

Data Faktor Geometri Pin

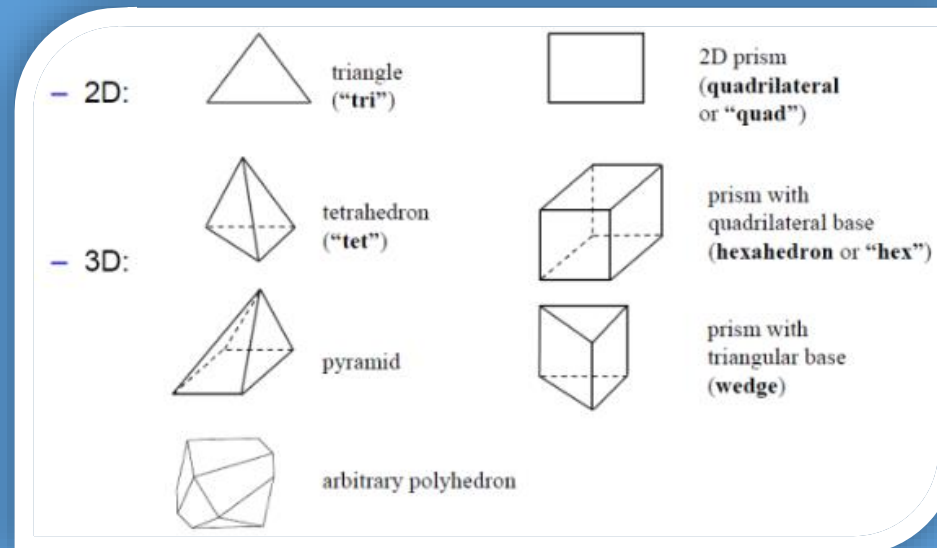
Dalam proses FSW, diameter pin tergantung pada jumlah material yang dapat ditambahkan. Jika diameter pin lebih besar, jumlah material yang dapat digunakan juga akan lebih besar. Ketika pin berdiameter lebih kecil dengan jumlah bahan yang lebih sedikit digabungkan dengan laju pendinginan yang cepat, maka akan mengurangi jumlah panas yang masuk.

No	Kecepatan rotasi tool (rpm)	Sudut bahu cekung (°)	Tilt angle (°)	Kecepatan pengelasan (mm/min)
1	765	2	2	24
2	765	5	2,5	43
3	765	8	3	65
4	765	11	3,5	90
5	1208	2	2,5	65
6	1208	5	2	90
7	1208	8	3,5	24
8	1208	11	3	43
9	1907	2	3	90
10	1907	5	3,5	65
11	1907	8	2	43
12	1907	11	2,5	24
13	3022	2	3,5	43
14	3022	5	3	24
15	3022	8	2,5	90
16	3022	11	2	65



MESHING

Domain aliran diubah menjadi subdomain yang lebih kecil (terdiri dari geometris primitif seperti hexahedra dan tatrahedra di 3D, dan segiempat dan segitiga di 2D). Setiap bagian domain dideskripsikan sebagai unsur atau sel, dan setiap peringkat elemen dideskripsikan sebagai jaring atau kisi. Pembuatan mesh adalah proses untuk menghasilkan mesh (atau grid) yang andal (atau pembangkitan grid).





HEAT GENERATION

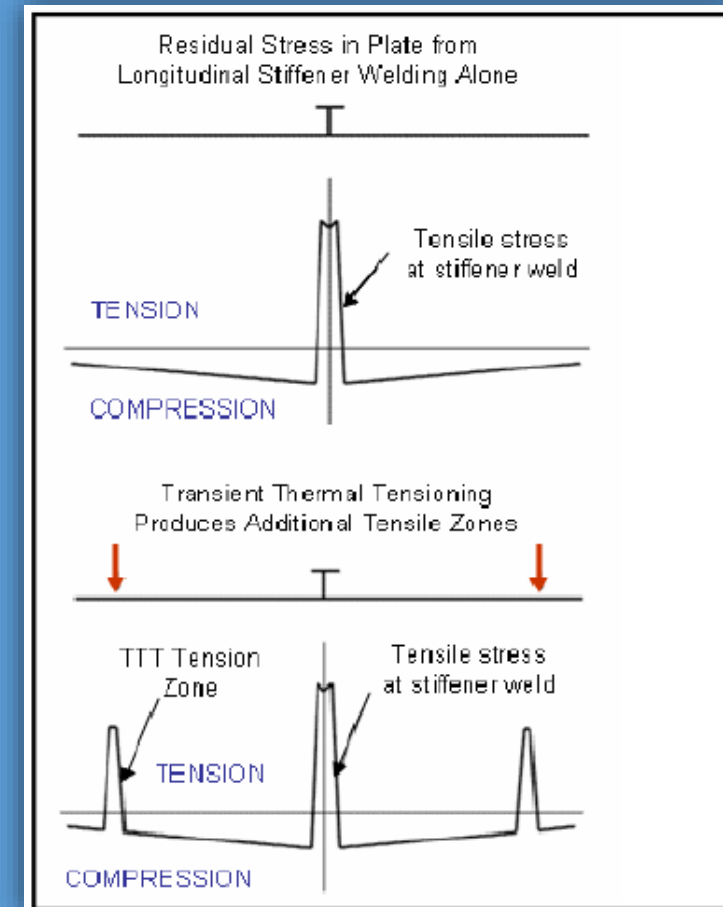
Tingkat pemanasan permukaan bahu dibagi menjadi terbagi menjadi dua bagian, yaitu area horizontal dan sudut. Tingkat pemanasan sudut dihitung sebagai kalikan sudut bahu cekung, yang dalam hal ini adalah ($\alpha < 45^\circ$). Pada saat yang sama kemiringan pahat (β), nilai yang diukur dari garis vertikal digunakan sebagai pengali laju pemanasan semua bagian. Dalam penelitian ini menggunakan faktor geser, jadi ada dua jenis yaitu geser dan tempel. Hitung kalor pada permukaan bahu datar untuk keempat geometri pahat pada penelitian ini adalah persamaan sebagai berikut:

$$Q_{1flat} = (1 - \delta) \frac{2}{3} \pi \tau_{sliding} \omega (R_{shoulder}^3 - R_{PTs}^3) \left(\frac{1}{\cos \beta} \right)^3 + \delta \frac{2}{3} \pi \tau_{sticking} \omega (R_{shoulder}^3 - R_{PTs}^3) \left(\frac{1}{\cos \beta} \right)^3$$



TRANSIENT THERMAL

Sejak tahun 1990, Edison Welding Institute (EWI) telah melakukan proses termal transien. Proses termal transien menggunakan prinsip tegangan konstan dan tidak memerlukan pendinginan, dan proses panda lokal di area tersebut dapat diotomatisasi untuk proses pengelasan. Untuk menghasilkan tegangan termal tarik pada saat pendinginan sisa yang lebih parah daripada tegangan yang dihasilkan oleh proses pengelasan, proses termal transien melibatkan penggunaan sumber panas bergerak yang dekat dengan las.



Ilustrasi Tegangan Sisa



METODOLOGI PENELITIAN

FLOWCHART





ALAT DAN BAHAN PENELITIAN



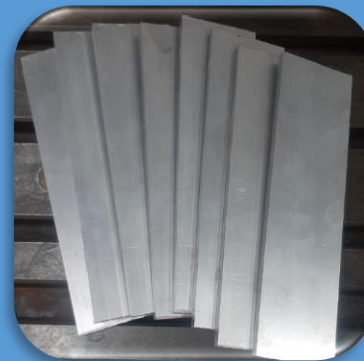
Tool FSW



Loadcell



Mesin Freis



Aluminium AA6061-T661

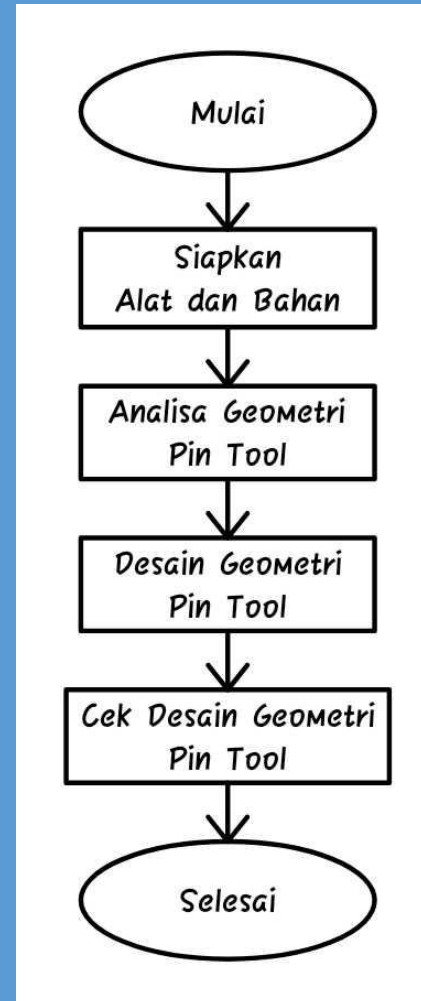


Komputer



DESAIN 4 GEOMETRI PIN TOOL FSW

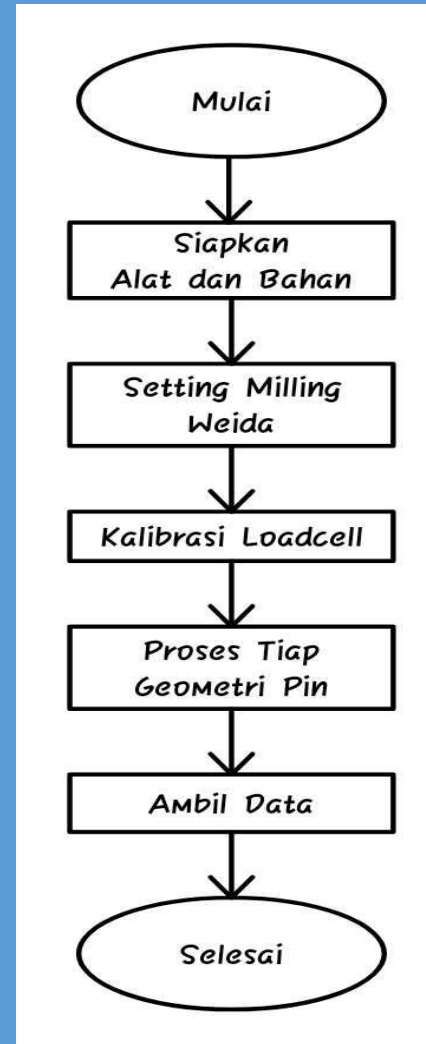
FLOWCHART





PENGUKURAN GAYA AKSIAL

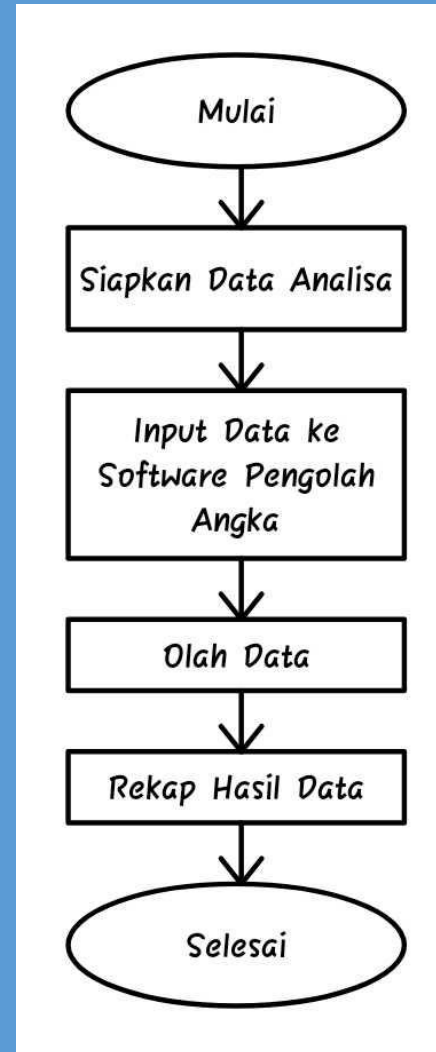
FLOWCHART





MENGHITUNG *HEAT GENERATION*

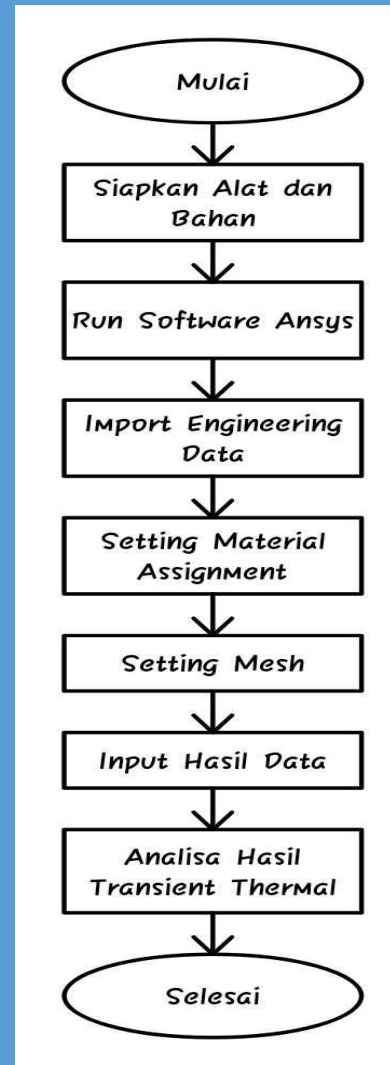
FLOWCHART





SIMULASI TRANSIENT THERMAL

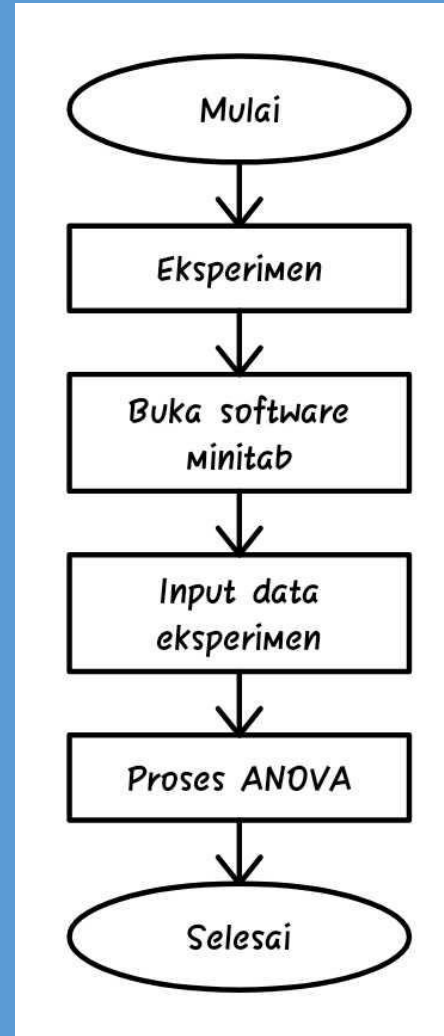
FLOWCHART





ANOVA (Analysis of Variance)

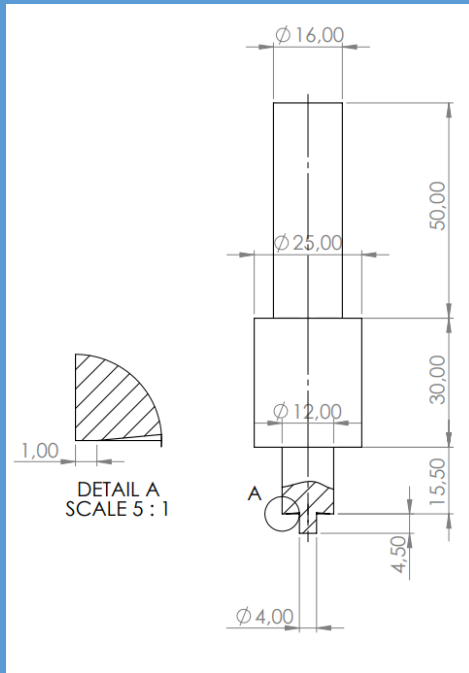
FLOWCHART



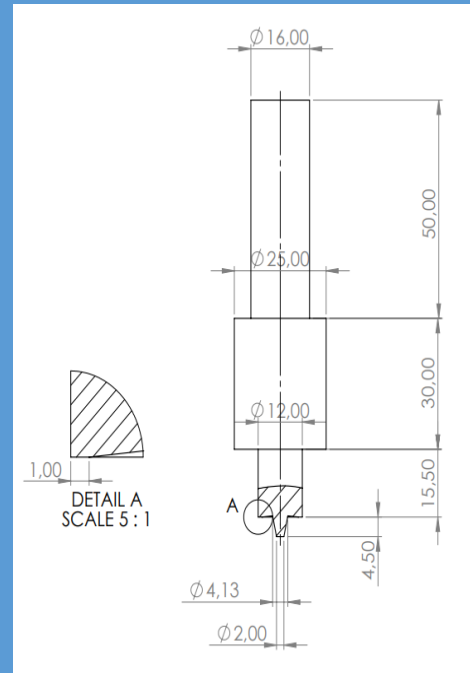


DESAIN 4 GEOMETRI TOOL FSW

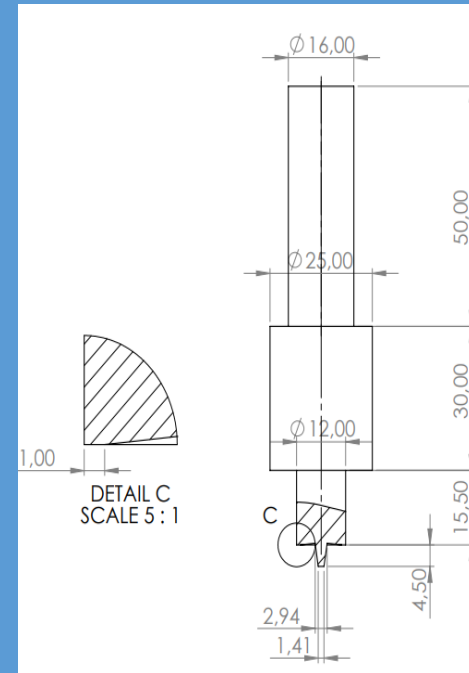
Menggunakan perhitungan untuk ukuran tool dengan bermacam pin, dan melihat ukuran tingkat kekuatan desain tiap geometri pin saat digunakan untuk uji analisa ini. Pemilihan ukuran bahu 12 mm dan diameter pin 4 mm untuk semua geometri pahat didasarkan pada studi yang dilakukan oleh Silva (2015) yang menemukan bahwa rasio diameter bahu/pin = 2,5 akan menghasilkan hasil pengelasan FSW yang baik.



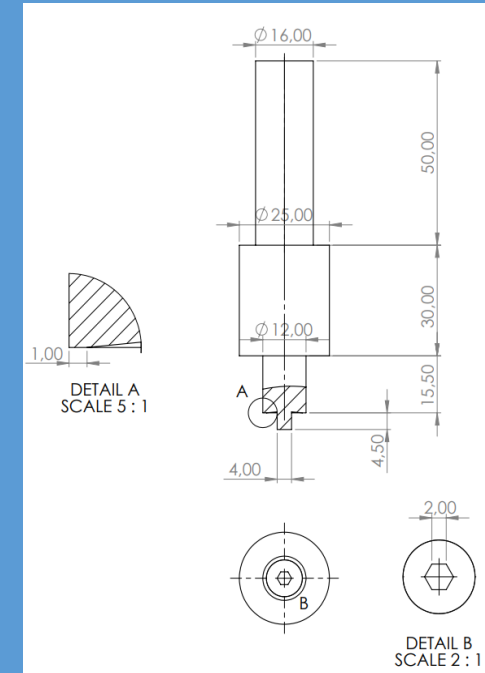
Desain 2D Geometry
pin Cylinder



Desain 2D Geometry
pin Tapper Cylinder



Desain 2D Geometry
pin Tapper Square



Desain 2D Geometry
pin Hexagonal



PENGUKURAN GAYA AKSIAL

Menggunakan alat loadcell untuk pengambilan gaya aksial yang di uji dan dibantu menggunakan mesin *milling/freis* untuk pengambilan data gaya aksial pada tiap *tool* dengan perbedaan geometri pin yang akan diuji. Ketentuan optimal yang diterapkan pada mesin *milling/freis* juga berlaku untuk pengujian gaya aksial ini, seperti RPM dan torsi yang ada di mesin *milling/freis* dapat terbaca angka ketika awal tool menyentuh material/memberikan sedikit tekanan pada material (*minimum*), lalu ketika tool mulai berjalan masuk melebur kedalam material (*between*), dan ketika tool sudah masuk kedalam material sampai batas yang sudah ditetapkan (*maximal*)



Mesin Milling/Freis dan Alat Ukur Loadcell



HASIL PENGUKURAN GAYA AKSIAL



No	Tool FSW	AA6061-T651	Rata-Rata	
		Data Awal	Pin	Shoulder
1	Silinder Lurus	710	171	92
2	Taper Silinder	960	211	86
3	Taper Square	1030	118	98
4	Hexagonal	930	166	102

Proses tool dengan pin hexagonal dan Alumunium AA6061-T651 bertumpu pada alat ukur loadcell



HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGIEMPAT PIN SILINDER

Heat generation pada tiap pin dengan menggunakan parameter proses kecepatan rotasi tool 80.11, 126.50, 199.70, 316.46 (rad/s), sudut bahu cekung 2, 5, 8, 11 ($^{\circ}$), sudut kemiringan tool 2, 2.5, 3, 3.5 ($^{\circ}$), dan kecepatan pengelasan 24, 43, 65, 90 (mm/s) sehingga tercapailah perbandingan hasil pada tiap pin yang memiliki tingkat resiko *error* yang rendah dengan batas optimal temperatur *heat generation* yang digunakan adalah 315°C

Menghitung Heat Generation Pin Silinder, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	171	24	13,23	106,00	33,28
2	80,11	5	2,5	171	43	26,56	106,11	33,32
3	80,11	8	3,0	171	65	40,08	106,24	33,36
4	80,11	11	3,5	171	90	53,86	106,40	33,41
5	126,50	2	2,5	171	65	20,91	167,55	52,61
6	126,50	5	2,0	171	90	41,90	167,38	52,55
7	126,50	8	3,5	171	24	63,38	168,01	52,75
8	126,50	11	3,0	171	43	84,93	167,76	52,67
9	199,70	2	3,0	171	90	33,06	264,83	83,15
10	199,70	5	3,5	171	65	66,39	265,23	83,28
11	199,70	8	2,0	171	43	99,68	264,23	82,96
12	199,70	11	2,5	171	24	133,91	264,50	83,05
13	316,46	2	3,5	171	43	52,46	420,30	131,97
14	316,46	5	3,0	171	24	105,06	419,68	131,77
15	316,46	8	2,5	171	90	158,12	419,15	131,61
16	316,46	11	2,0	171	65	211,98	418,72	131,47
		α	β	P				



HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGIEMPAT PIN TAPPER SILINDER

Menghitung Heat Generation Pin Tapper Silinder, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	188	24	13,30	183,43	4,17
2	80,11	5	2,5	188	43	26,71	183,62	4,17
3	80,11	8	3,0	188	65	40,30	183,85	4,18
4	80,11	11	3,5	188	90	54,16	184,12	4,18
5	126,50	2	2,5	188	65	21,03	289,95	6,59
6	126,50	5	2,0	188	90	42,13	289,65	6,58
7	126,50	8	3,5	188	24	63,73	290,74	6,61
8	126,50	11	3,0	188	43	85,40	290,31	6,60
9	199,70	2	3,0	188	90	33,24	458,30	10,41
10	199,70	5	3,5	188	65	66,76	458,98	10,43
11	199,70	8	2,0	188	43	100,22	457,25	10,39
12	199,70	11	2,5	188	24	134,64	457,72	10,40
13	316,46	2	3,5	188	43	52,75	727,34	16,53
14	316,46	5	3,0	188	24	105,63	726,26	16,50
15	316,46	8	2,5	188	90	158,98	725,35	16,48
16	316,46	11	2,0	188	65	213,14	724,60	16,47
		α	β	P				



HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGIEMPAT PIN TAPPER SQUARE

Menghitung Heat Generation Pin Tapper Square, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	118	24	13,49	56,65	1,86
2	80,11	5	2,5	118	43	27,09	56,71	1,86
3	80,11	8	3,0	118	65	40,88	56,78	1,86
4	80,11	11	3,5	118	90	54,94	56,87	1,86
5	126,50	2	2,5	118	65	21,33	89,55	2,93
6	126,50	5	2,0	118	90	42,74	89,46	2,93
7	126,50	8	3,5	118	24	64,64	89,80	2,94
8	126,50	11	3,0	118	43	86,62	89,66	2,94
9	199,70	2	3,0	118	90	33,72	141,55	4,64
10	199,70	5	3,5	118	65	67,72	141,76	4,64
11	199,70	8	2,0	118	43	101,67	141,22	4,63
12	199,70	11	2,5	118	24	136,58	141,37	4,63
13	316,46	2	3,5	118	43	53,51	224,64	7,36
14	316,46	5	3,0	118	24	107,16	224,31	7,35
15	316,46	8	2,5	118	90	161,27	224,02	7,34
16	316,46	11	2,0	118	65	216,21	223,79	7,33
		α	β	P				



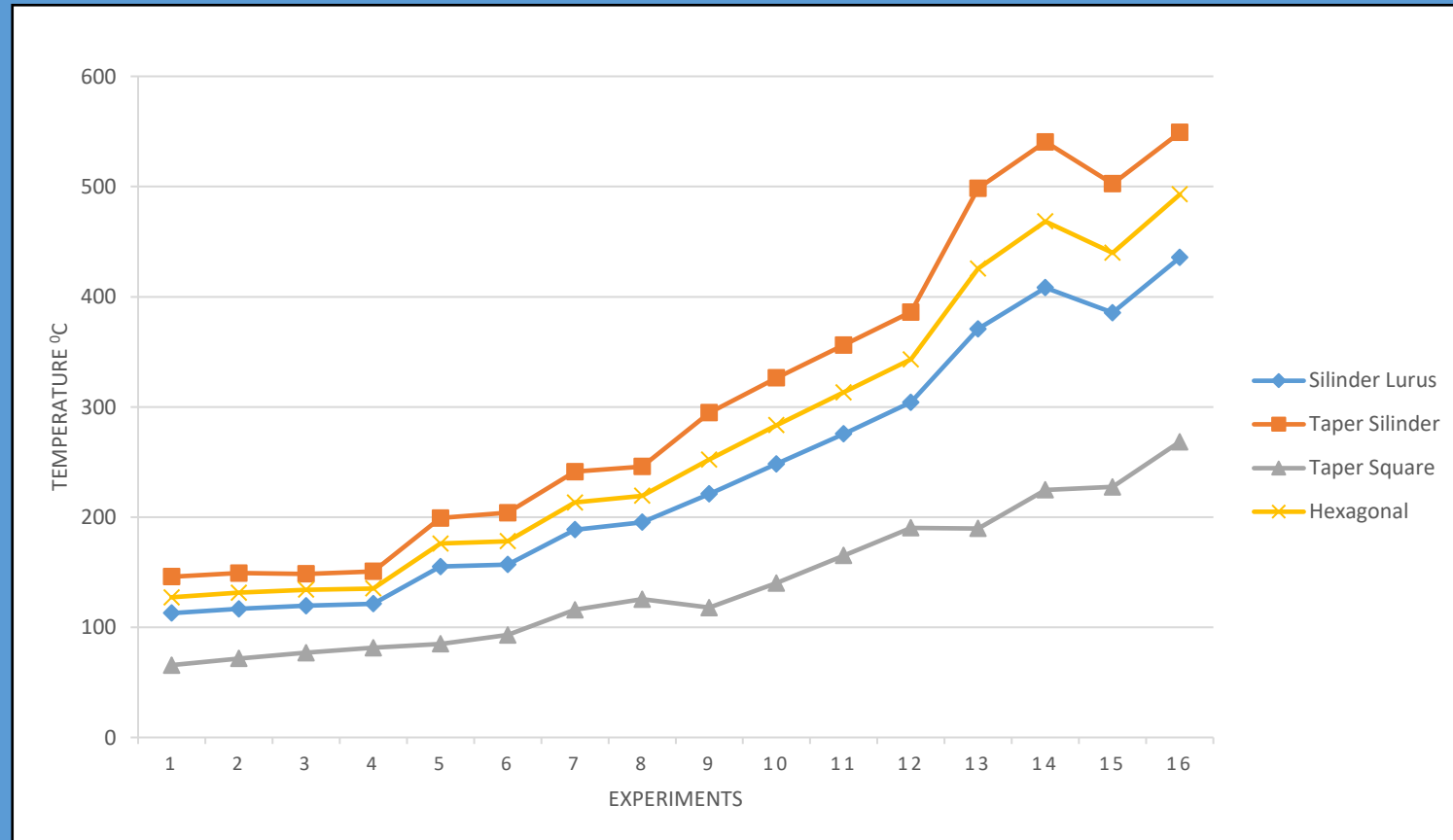
HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGIEMPAT PIN HEXAGONAL

Menghitung Heat Generation Pin Hexagonal, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	166	24	13,47	137,76	25,93
2	80,11	5	2,5	166	43	27,03	137,90	25,96
3	80,11	8	3,0	166	65	40,79	138,08	25,99
4	80,11	11	3,5	166	90	54,82	138,28	26,03
5	126,50	2	2,5	166	65	21,29	217,76	40,99
6	126,50	5	2,0	166	90	42,64	217,54	40,94
7	126,50	8	3,5	166	24	64,51	218,36	41,10
8	126,50	11	3,0	166	43	86,44	218,04	41,04
9	199,70	2	3,0	166	90	33,64	344,20	64,79
10	199,70	5	3,5	166	65	67,58	344,71	64,88
11	199,70	8	2,0	166	43	101,45	343,42	64,64
12	199,70	11	2,5	166	24	136,29	343,77	64,70
13	316,46	2	3,5	166	43	53,40	546,27	102,82
14	316,46	5	3,0	166	24	106,93	545,45	102,66
15	316,46	8	2,5	166	90	160,93	544,77	102,54
16	316,46	11	2,0	166	65	215,75	544,21	102,43
		α	β	P				



HASIL HEAT GENERATION MESH SEGIEMPAT



Grafik Heat Generation Mesh Segiempat



HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGITIGA PIN SILINDER

Menghitung Heat Generation Pin Silinder, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	171	24	13,23	106,00	33,28
2	80,11	5	2,5	171	43	26,56	106,11	33,32
3	80,11	8	3,0	171	65	40,08	106,24	33,36
4	80,11	11	3,5	171	90	53,86	106,40	33,41
5	126,50	2	2,5	171	65	20,91	167,55	52,61
6	126,50	5	2,0	171	90	41,90	167,38	52,55
7	126,50	8	3,5	171	24	63,38	168,01	52,75
8	126,50	11	3,0	171	43	84,93	167,76	52,67
9	199,70	2	3,0	171	90	33,06	264,83	83,15
10	199,70	5	3,5	171	65	66,39	265,23	83,28
11	199,70	8	2,0	171	43	99,68	264,23	82,96
12	199,70	11	2,5	171	24	133,91	264,50	83,05
13	316,46	2	3,5	171	43	52,46	420,30	131,97
14	316,46	5	3,0	171	24	105,06	419,68	131,77
15	316,46	8	2,5	171	90	158,12	419,15	131,61
16	316,46	11	2,0	171	65	211,98	418,72	131,47
		α	β	P				



HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGITIGA PIN TAPPER SILINDER

Menghitung Heat Generation Pin Tapper Silinder, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	188	24	13,30	183,43	4,17
2	80,11	5	2,5	188	43	26,71	183,62	4,17
3	80,11	8	3,0	188	65	40,30	183,85	4,18
4	80,11	11	3,5	188	90	54,16	184,12	4,18
5	126,50	2	2,5	188	65	21,03	289,95	6,59
6	126,50	5	2,0	188	90	42,13	289,65	6,58
7	126,50	8	3,5	188	24	63,73	290,74	6,61
8	126,50	11	3,0	188	43	85,40	290,31	6,60
9	199,70	2	3,0	188	90	33,24	458,30	10,41
10	199,70	5	3,5	188	65	66,76	458,98	10,43
11	199,70	8	2,0	188	43	100,22	457,25	10,39
12	199,70	11	2,5	188	24	134,64	457,72	10,40
13	316,46	2	3,5	188	43	52,75	727,34	16,53
14	316,46	5	3,0	188	24	105,63	726,26	16,50
15	316,46	8	2,5	188	90	158,98	725,35	16,48
16	316,46	11	2,0	188	65	213,14	724,60	16,47
		α	β	P				



HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGITIGA PIN TAPPER SQUARE

Menghitung Heat Generation Pin Tapper Square, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	118	24	13,49	56,65	1,86
2	80,11	5	2,5	118	43	27,09	56,71	1,86
3	80,11	8	3,0	118	65	40,88	56,78	1,86
4	80,11	11	3,5	118	90	54,94	56,87	1,86
5	126,50	2	2,5	118	65	21,33	89,55	2,93
6	126,50	5	2,0	118	90	42,74	89,46	2,93
7	126,50	8	3,5	118	24	64,64	89,80	2,94
8	126,50	11	3,0	118	43	86,62	89,66	2,94
9	199,70	2	3,0	118	90	33,72	141,55	4,64
10	199,70	5	3,5	118	65	67,72	141,76	4,64
11	199,70	8	2,0	118	43	101,67	141,22	4,63
12	199,70	11	2,5	118	24	136,58	141,37	4,63
13	316,46	2	3,5	118	43	53,51	224,64	7,36
14	316,46	5	3,0	118	24	107,16	224,31	7,35
15	316,46	8	2,5	118	90	161,27	224,02	7,34
16	316,46	11	2,0	118	65	216,21	223,79	7,33
		α	β	P				



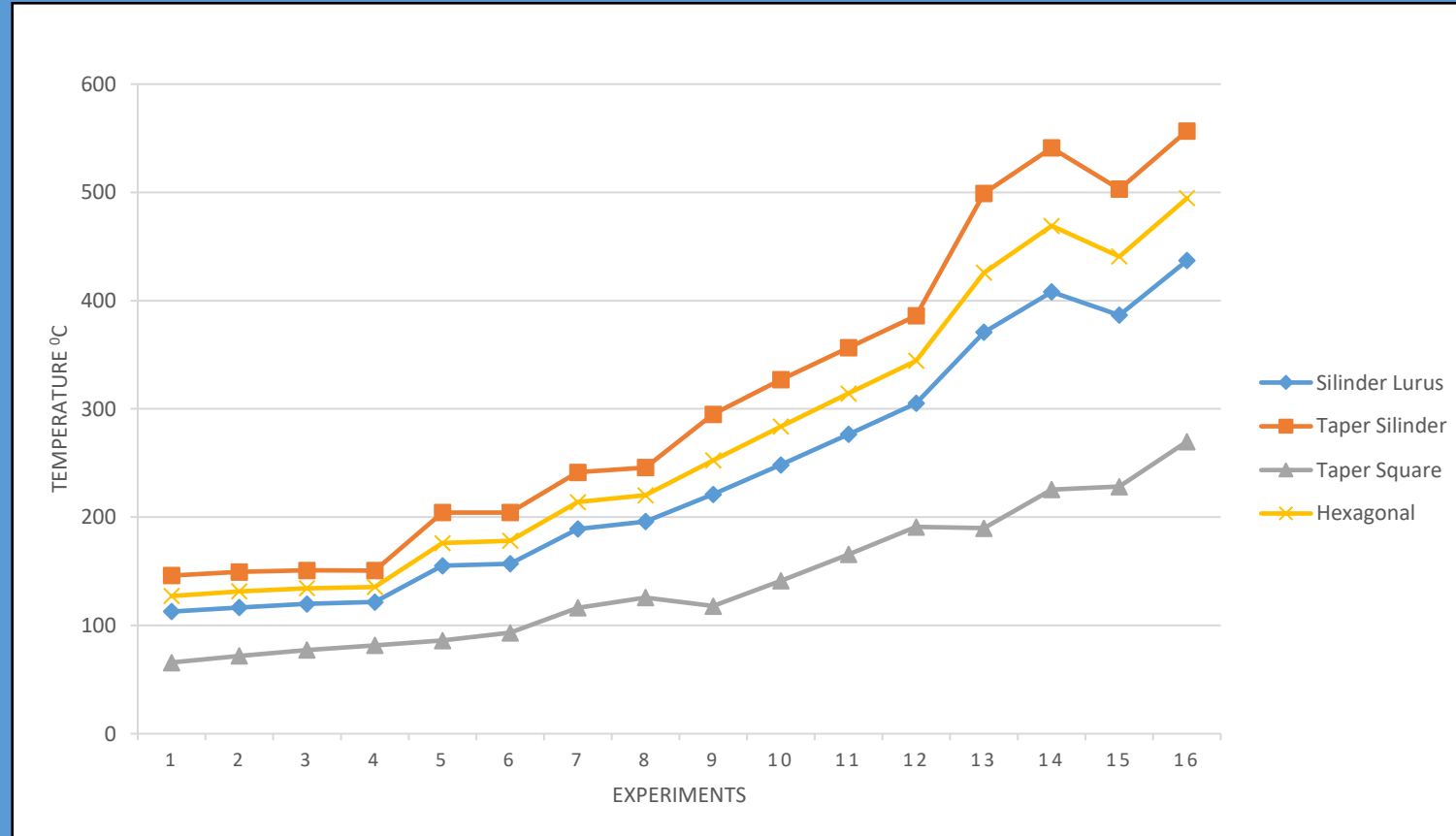
HASIL *HEAT GENERATION MESH* SEGITIGA PIN HEXAGONAL

Menghitung Heat Generation Pin Hexagonal, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3
1	80,11	2	2,0	166	24	13,47	137,76	25,93
2	80,11	5	2,5	166	43	27,03	137,90	25,96
3	80,11	8	3,0	166	65	40,79	138,08	25,99
4	80,11	11	3,5	166	90	54,82	138,28	26,03
5	126,50	2	2,5	166	65	21,29	217,76	40,99
6	126,50	5	2,0	166	90	42,64	217,54	40,94
7	126,50	8	3,5	166	24	64,51	218,36	41,10
8	126,50	11	3,0	166	43	86,44	218,04	41,04
9	199,70	2	3,0	166	90	33,64	344,20	64,79
10	199,70	5	3,5	166	65	67,58	344,71	64,88
11	199,70	8	2,0	166	43	101,45	343,42	64,64
12	199,70	11	2,5	166	24	136,29	343,77	64,70
13	316,46	2	3,5	166	43	53,40	546,27	102,82
14	316,46	5	3,0	166	24	106,93	545,45	102,66
15	316,46	8	2,5	166	90	160,93	544,77	102,54
16	316,46	11	2,0	166	65	215,75	544,21	102,43
		α	β	P				



HASIL HEAT GENERATION MESH SEGITIGA

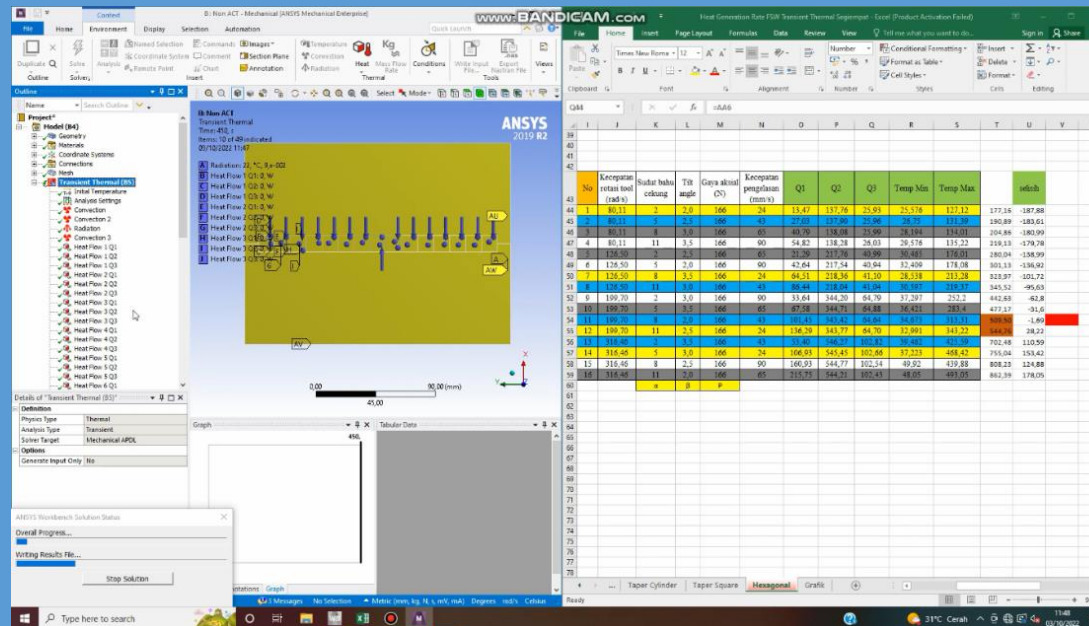


Grafik Heat Generation Mesh Segitiga



SIMULASI TRANSIENT THERMAL

Simulasi ini menggunakan Ansys modul transient thermal untuk mengetahui hasil daripada perhitungan heat generation dengan harapan mendapatkan hasil yang maksimal. Modul daya resistansi transient thermal (Zth) mewakili karakteristik kinerja penting yang digunakan untuk memperkirakan arus keluaran maksimum untuk beban transient selain itu mengevaluasi bagaimana sistem menanggapi kondisi batas yang tetap dan bervariasi terhadap waktu analisis transien dapat menunjukkan kepada Anda respons termal dari sistem.



Simulasi Transient Thermal



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* *MESH* SEGIEMPAT PIN SILINDER

Hasil Transient Thermal Pin Silinder, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	171	24	13,23	106,00	33,28	25,078	112,85
2	80,11	5	2,5	171	43	26,56	106,11	33,32	26,13	116,65
3	80,11	8	3,0	171	65	40,08	106,24	33,36	27,433	119,54
4	80,11	11	3,5	171	90	53,86	106,40	33,41	28,695	121,39
5	126,50	2	2,5	171	65	20,91	167,55	52,61	29,286	155,16
6	126,50	5	2,0	171	90	41,90	167,38	52,55	31,05	157,01
7	126,50	8	3,5	171	24	63,38	168,01	52,75	27,734	188,55
8	126,50	11	3,0	171	43	84,93	167,76	52,67	29,598	195,36
9	199,70	2	3,0	171	90	33,06	264,83	83,15	35,167	221,1
10	199,70	5	3,5	171	65	66,39	265,23	83,28	34,539	248,29
11	199,70	8	2,0	171	43	99,68	264,23	82,96	33,115	275,59
12	199,70	11	2,5	171	24	133,91	264,50	83,05	31,714	304,23
13	316,46	2	3,5	171	43	52,46	420,30	131,97	37,033	370,91
14	316,46	5	3,0	171	24	105,06	419,68	131,77	35,238	408,33
15	316,46	8	2,5	171	90	158,12	419,15	131,61	46,488	385,56
16	316,46	11	2,0	171	65	211,98	418,72	131,47	45,025	435,69
		α	β	P						



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* *MESH* SEGIEMPAT PIN TAPPER SILINDER

Hasil Transient Thermal Pin Tapper Silinder, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	188	24	13,30	183,43	4,17	26,078	145,94
2	80,11	5	2,5	188	43	26,71	183,62	4,17	27,367	149,16
3	80,11	8	3,0	188	65	40,30	183,85	4,18	28,905	148,53
4	80,11	11	3,5	188	90	54,16	184,12	4,18	30,42	150,68
5	126,50	2	2,5	188	65	21,03	289,95	6,59	31,602	199,18
6	126,50	5	2,0	188	90	42,13	289,65	6,58	33,748	204
7	126,50	8	3,5	188	24	63,73	290,74	6,61	29,33	241,23
8	126,50	11	3,0	188	43	85,40	290,31	6,60	31,565	245,88
9	199,70	2	3,0	188	90	33,24	458,30	10,41	39,423	294,7
10	199,70	5	3,5	188	65	66,76	458,98	10,43	38,285	326,43
11	199,70	8	2,0	188	43	100,22	457,25	10,39	36,202	356,17
12	199,70	11	2,5	188	24	134,64	457,72	10,40	34,232	386,12
13	316,46	2	3,5	188	43	52,75	727,34	16,53	41,913	498,45
14	316,46	5	3,0	188	24	105,63	726,26	16,50	39,206	540,54
15	316,46	8	2,5	188	90	158,98	725,35	16,48	53,257	502,61
16	316,46	11	2,0	188	65	213,14	724,60	16,47	50,824	549,19
		α	β	P						



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* *MESH* SEGIEMPAT PIN TAPPER SQUARE

Hasil Transient Thermal Pin Tapper Square, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	118	24	13,49	56,65	1,86	23,462	65,631
2	80,11	5	2,5	118	43	27,09	56,71	1,86	24,144	71,673
3	80,11	8	3,0	118	65	40,88	56,78	1,86	25,011	76,808
4	80,11	11	3,5	118	90	54,94	56,87	1,86	25,949	81,376
5	126,50	2	2,5	118	65	21,33	89,55	2,93	25,443	84,984
6	126,50	5	2,0	118	90	42,74	89,46	2,93	26,694	92,943
7	126,50	8	3,5	118	24	64,64	89,80	2,94	25,197	115,89
8	126,50	11	3,0	118	43	86,62	89,66	2,94	26,487	125,43
9	199,70	2	3,0	118	90	33,72	141,55	4,64	28,248	117,78
10	199,70	5	3,5	118	65	67,72	141,76	4,64	28,477	140,1
11	199,70	8	2,0	118	43	101,67	141,22	4,63	28,195	165,06
12	199,70	11	2,5	118	24	136,58	141,37	4,63	27,739	190,31
13	316,46	2	3,5	118	43	53,51	224,64	7,36	29,143	189,68
14	316,46	5	3,0	118	24	107,16	224,31	7,35	28,879	224,75
15	316,46	8	2,5	118	90	161,27	224,02	7,34	35,636	227,42
16	316,46	11	2,0	118	65	216,21	223,79	7,33	35,529	268,34
		α	β	P						



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* MESH SEGIEMPAT PIN HEXAGONAL

Hasil Transient Thermal Pin Hexagonal, Mesh Segiempat:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	166	24	13,47	137,76	25,93	25,576	127,12
2	80,11	5	2,5	166	43	27,03	137,90	25,96	26,75	131,39
3	80,11	8	3,0	166	65	40,79	138,08	25,99	28,194	134,01
4	80,11	11	3,5	166	90	54,82	138,28	26,03	29,576	135,22
5	126,50	2	2,5	166	65	21,29	217,76	40,99	30,465	176,01
6	126,50	5	2,0	166	90	42,64	217,54	40,94	32,409	178,08
7	126,50	8	3,5	166	24	64,51	218,36	41,10	28,538	213,28
8	126,50	11	3,0	166	43	86,44	218,04	41,04	30,597	219,37
9	199,70	2	3,0	166	90	33,64	344,20	64,79	37,297	252,2
10	199,70	5	3,5	166	65	67,58	344,71	64,88	36,421	283,4
11	199,70	8	2,0	166	43	101,45	343,42	64,64	34,673	313,31
12	199,70	11	2,5	166	24	136,29	343,77	64,70	32,991	343,22
13	316,46	2	3,5	166	43	53,40	546,27	102,82	39,462	425,59
14	316,46	5	3,0	166	24	106,93	545,45	102,66	37,223	468,42
15	316,46	8	2,5	166	90	160,93	544,77	102,54	49,92	439,88
16	316,46	11	2,0	166	65	215,75	544,21	102,43	48,05	493,05
		α	β	P						



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* *MESH* SEGITIGA PIN SILINDER

Hasil Transient Thermal Pin Silinder, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	171	24	13,23	106,00	33,28	25,078	112,81
2	80,11	5	2,5	171	43	26,56	106,11	33,32	26,13	116,64
3	80,11	8	3,0	171	65	40,08	106,24	33,36	27,433	119,87
4	80,11	11	3,5	171	90	53,86	106,40	33,41	28,695	121,67
5	126,50	2	2,5	171	65	20,91	167,55	52,61	29,286	155,15
6	126,50	5	2,0	171	90	41,90	167,38	52,55	31,05	157
7	126,50	8	3,5	171	24	63,38	168,01	52,75	27,734	189,17
8	126,50	11	3,0	171	43	84,93	167,76	52,67	29,598	196,02
9	199,70	2	3,0	171	90	33,06	264,83	83,15	35,167	221,07
10	199,70	5	3,5	171	65	66,39	265,23	83,28	34,539	248,26
11	199,70	8	2,0	171	43	99,68	264,23	82,96	33,115	276,57
12	199,70	11	2,5	171	24	133,91	264,50	83,05	31,714	305,27
13	316,46	2	3,5	171	43	52,46	420,30	131,97	37,033	370,87
14	316,46	5	3,0	171	24	105,06	419,68	131,77	35,238	408,17
15	316,46	8	2,5	171	90	158,12	419,15	131,61	46,488	386,58
16	316,46	11	2,0	171	65	211,98	418,72	131,47	45,025	437,07
		α	β	P						



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* *MESH* SEGITIGA PIN TAPPER SILINDER

Hasil Transient Thermal Pin Tapper Silinder, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	188	24	13,30	183,43	4,17	26,078	146,13
2	80,11	5	2,5	188	43	26,71	183,62	4,17	27,367	149,38
3	80,11	8	3,0	188	65	40,30	183,85	4,18	28,938	150,83
4	80,11	11	3,5	188	90	54,16	184,12	4,18	30,42	150,7
5	126,50	2	2,5	188	65	21,03	289,95	6,59	31,647	204,33
6	126,50	5	2,0	188	90	42,13	289,65	6,58	33,748	204,32
7	126,50	8	3,5	188	24	63,73	290,74	6,61	29,33	241,37
8	126,50	11	3,0	188	43	85,40	290,31	6,60	31,565	245,84
9	199,70	2	3,0	188	90	33,24	458,30	10,41	39,423	295,08
10	199,70	5	3,5	188	65	66,76	458,98	10,43	38,285	326,99
11	199,70	8	2,0	188	43	100,22	457,25	10,39	36,202	356,48
12	199,70	11	2,5	188	24	134,64	457,72	10,40	34,232	386
13	316,46	2	3,5	188	43	52,75	727,34	16,53	41,913	499,19
14	316,46	5	3,0	188	24	105,63	726,26	16,50	39,206	541,18
15	316,46	8	2,5	188	90	158,98	725,35	16,48	53,257	503,09
16	316,46	11	2,0	188	65	213,14	724,60	16,47	50,969	556,76
		α	β	P						



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* *MESH* SEGITIGA PIN TAPPER SQUARE

Hasil Transient Thermal Pin Tapper Square, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	118	24	13,49	56,65	1,86	23,462	65,658
2	80,11	5	2,5	118	43	27,09	56,71	1,86	24,144	71,847
3	80,11	8	3,0	118	65	40,88	56,78	1,86	25,025	77,254
4	80,11	11	3,5	118	90	54,94	56,87	1,86	25,949	81,614
5	126,50	2	2,5	118	65	21,33	89,55	2,93	25,459	86,07
6	126,50	5	2,0	118	90	42,74	89,46	2,93	26,694	93,188
7	126,50	8	3,5	118	24	64,64	89,80	2,94	25,197	116,28
8	126,50	11	3,0	118	43	86,62	89,66	2,94	26,487	125,81
9	199,70	2	3,0	118	90	33,72	141,55	4,64	28,248	117,88
10	199,70	5	3,5	118	65	67,72	141,76	4,64	28,508	141,19
11	199,70	8	2,0	118	43	101,67	141,22	4,63	28,195	165,65
12	199,70	11	2,5	118	24	136,58	141,37	4,63	27,739	190,93
13	316,46	2	3,5	118	43	53,51	224,64	7,36	29,143	189,83
14	316,46	5	3,0	118	24	107,16	224,31	7,35	28,879	225,46
15	316,46	8	2,5	118	90	161,27	224,02	7,34	35,636	228,3
16	316,46	11	2,0	118	65	216,21	223,79	7,33	35,595	269,81
		α	β	P						



HASIL SIMULASI *TRANSIENT THERMAL* *MESH* SEGITIGA PIN HEXAGONAL

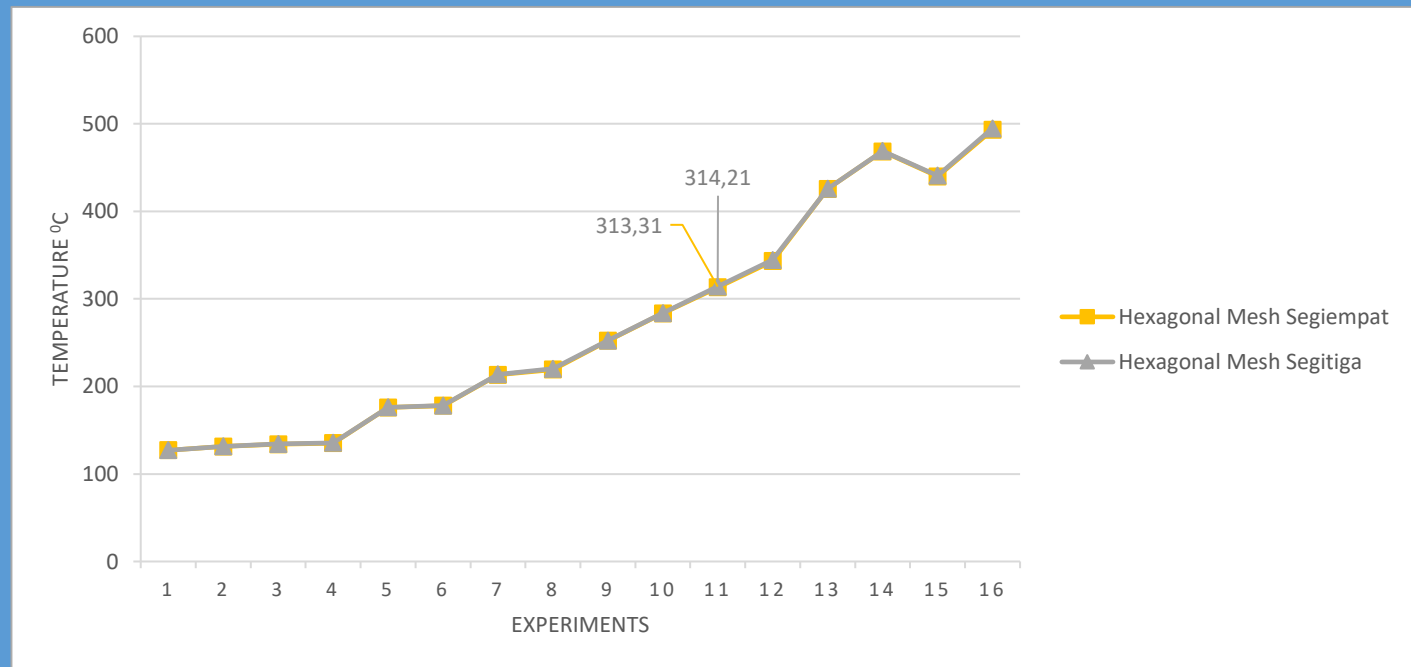
Hasil Transient Thermal Pin Hexagonal, Mesh Segitiga:

No	Kecepatan rotasi tool (rad/s)	Sudut bahu cekung	Tilt angle	Gaya aksial (N)	Kecepatan pengelasan (mm/s)	Q1	Q2	Q3	Temp Min	Temp Max
1	80,11	2	2,0	166	24	13,47	137,76	25,93	25,576	127,16
2	80,11	5	2,5	166	43	27,03	137,90	25,96	26,75	131,53
3	80,11	8	3,0	166	65	40,79	138,08	25,99	28,194	134,38
4	80,11	11	3,5	166	90	54,82	138,28	26,03	29,576	135,56
5	126,50	2	2,5	166	65	21,29	217,76	40,99	30,465	176,12
6	126,50	5	2,0	166	90	42,64	217,54	40,94	32,409	178,17
7	126,50	8	3,5	166	24	64,51	218,36	41,10	28,538	213,86
8	126,50	11	3,0	166	43	86,44	218,04	41,04	30,597	220,16
9	199,70	2	3,0	166	90	33,64	344,20	64,79	37,296	252,46
10	199,70	5	3,5	166	65	67,58	344,71	64,88	36,421	283,76
11	199,70	8	2,0	166	43	101,45	343,42	64,64	34,673	314,21
12	199,70	11	2,5	166	24	136,29	343,77	64,70	32,991	344,47
13	316,46	2	3,5	166	43	53,40	546,27	102,82	39,462	425,85
14	316,46	5	3,0	166	24	106,93	545,45	102,66	37,223	468,99
15	316,46	8	2,5	166	90	160,93	544,77	102,54	49,92	440,78
16	316,46	11	2,0	166	65	215,75	544,21	102,43	48,05	494,71
		α	β	P						



HASIL *HEAT GENERATION* MODUL TRANSIENT THERMAL MESH SEGIEMPAT DAN MESH SEGITIGA

Mesh	Pin			
	Silinder	Taper Silinder	Tapper Square	Hexagonal
Segiempat	304,23	326,43	268,34	313,31
Segitiga	305,27	326,99	269,81	314,21



Grafik Perbandingan Heat Generation Modul Transient Thermal Mesh Segiempat Dan Mesh Segitiga



ANOVA (Analisis of Variance) PIN HEXAGONAL MESH SEGIEMPAT

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kecepatan rotasi tool (rad/s)	3	60089,9	60089,9	20030,0	2949,83	0,000
Sudut bahu cekung	3	1426,9	1426,9	475,6	70,05	0,003
Tilt angle	3	100,2	100,2	33,4	4,92	0,112
Kecepatan pengelasan (mm/s)	3	677,9	677,9	226,0	33,28	0,008
Residual Error	3	20,4	20,4	6,8		
Total	15	62315,4				



Hasil ANOVA Pin Hexagonal, Mesh Segiempat



ANOVA (Analisis of Variance) PIN HEXAGONAL MESH SEGITIGA

Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kecepatan rotasi tool (rad/s)	3	60322,9	60322,9	20107,6	2917,79	0,000
Sudut bahu cekung	3	1475,7	1475,7	491,9	71,38	0,003
Tilt angle	3	104,5	104,5	34,8	5,06	0,108
Kecepatan pengelasan (mm/s)	3	686,0	686,0	228,7	33,18	0,008
Residual Error	3	20,7	20,7	6,9		
Total	15	62609,8				



Hasil ANOVA Pin Hexagonal, Mesh Segitiga



KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang analisa pengaruh model mesh segiempat dan segitiga terhadap temperatur proses FSW dengan modul transient thermal memiliki kesimpulan sebagai berikut:

1. Simulasi modul transient thermal menunjukkan hasil mesh segiempat masih kurang optimal terhadap optimum temperature 315° jika dibandingkan dengan mesh segitiga yang mendekati suhu optimal 315° dengan material yang sama Alumunium AA6061-T651 juga di karenakan mesh segitiga lebih signifikan dalam heat generation yang lebih detail dan merinci
2. Kontribusi masing-masing geometri pin terhadap temperature hasil simulasi modul transient thermal mesh segiempat adalah, 'geometri pin silinder eks 12' $304,23^{\circ}\text{C}$, 'geometri tapper silinder eks 10' $326,43^{\circ}\text{C}$, 'geometri tapper square eks 16' $268,34^{\circ}\text{C}$, 'geometri hexagonal eks 11' $313,31^{\circ}\text{C}$. Dengan kontribusi pengaruh faktor/parameter proses kecepatan rotasi tool, sudut bahu cekung, kecepatan pengelasan terhadap temperature sangat signifikan ditunjukkan dengan P value kurang dari 5%, sedangkan faktor proses sudut kemiringan tool (tilt angle) terhadap temperatur tidak signifikan ditunjukan dengan P value lebih dari 5% di simpulkan bahwa geometri pin hexagonal dengan suhu optimum yaitu memiliki temperature $313,31^{\circ}\text{C}$.
3. Kontribusi masing-masing geometri pin terhadap temperature hasil simulasi modul transient thermal mesh segitiga adalah, 'geometri pin silinder eks 12' $305,27^{\circ}\text{C}$, 'geometri tapper silinder eks 10' $326,99^{\circ}\text{C}$, 'geometri tapper square eks 16' $269,81^{\circ}\text{C}$, 'geometri hexagonal eks 11' $314,21^{\circ}\text{C}$ Dengan kontribusi pengaruh faktor/parameter proses kecepatan rotasi tool, sudut bahu cekung, kecepatan pengelasan terhadap temperature sangat signifikan ditunjukkan dengan P value kurang dari 5%, sedangkan faktor proses sudut kemiringan tool (tilt angle) terhadap temperatur tidak signifikan ditunjukan dengan P value lebih dari 5% di simpulkan bahwa geometri pin hexagonal dengan suhu optimum yaitu memiliki temperature $314,21^{\circ}\text{C}$.



SARAN

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian dan kesimpulan yang telah didapat adalah sebagai berikut:

1. Pada saat proses simulasi transient thermal untuk mendapatkan temperature maksimal dari tiap pin terhadap mesh segiempat dan segitiga disarankan menggunakan computer/PC dengan spesifikasi tinggi yang memadai untuk menunjang efisiensi proses berlangsung sehingga hasil yang diharapkan bisa maksimal.
2. Uji metode lain untuk melakukan pengembangan pada penelitian ini guna pengembangan hasil yang berhubungan pada penyesuaian penelitian



DAFTAR PUSTAKA



- Weis Olea, C. A. (2008). Influence of Energy Input in Friction Stir Welding on Structure Evolution and Mechanical Behaviour of Precipitation-Hardening in Aluminium Alloys (AA2024-T351, AA6013-T6 and Al-Mg-Sc). Geesthacht: Von der Fakultät für Maschinenbau der Ruhr-Universität Bochum.
- Durdanović, M.B., Mijajlović, M.M., Milčić, D.S., & Stamenković, D.S.: Heat generation during friction stir welding process. *Tribology in Industry* 31(1–2), 8– 14, 2009.
- Mandal.,2005, “Aluminium welding”, 2 ed., Kharagpur, India.
- Pujono, P. (2017). Perubahan Nilai Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Friction Stir Welding Aluminium 2024-T3 Yang Menggunakan Perlakuan Transient Thermal. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 3(1, April), 1-9.
- Soleh, M. Z. A., & Mulyadi, M. (2021). Design and Build JIG Design on Friction Stir Welding Using Fillet Connection on AA6061-T6 Material. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 14, 10-21070.
- Mulyadi, Mulyadi, et al. "The Influence of the Tool Concave Shoulder Angle on Heat Generation in the Stir Friction Welding Process with AA6061-T651 Materials." *Key Engineering Materials* 943 (2023): 55-61.



TERIMA KASIH
ATAS
PERHATIANNYA

