

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

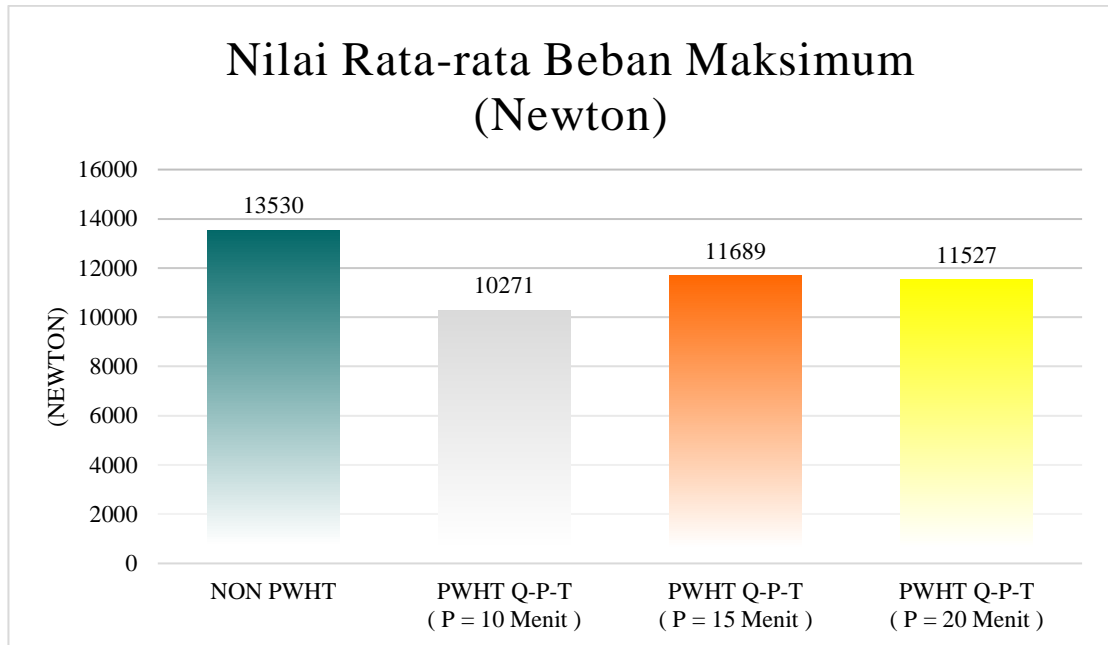
5.1 Data Hasil Pengujian Tarik

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui adanya pengaruh beban maksimum, kekuatan tarik maksimum (Tegangan), kekuatan tarik luluh, elongasi (Regangan), elongasi yield dan *modulus elastisitas* pada spesimen baja karbon rendah SS400 yang telah dilakukan proses pengelasan SMAW dan diteruskan dengan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) menggunakan metode Q-P-T variasi *holding time partitioning* selama 10, 15, dan 20 menit.

5.1.1 Rata-Rata Beban Maksimum

Tabel 5. 1 Data rata – rata beban maksimum

No	Kode	Perlakuan	Spesimen	Beban Maksimum (Newton)	Rata-Rata Beban Maksimum (Newton)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	1	13.530	13.530
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	1	10.572	10.271
			2	9.969	
			3	10.271	
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	1	11.617	11.689
			2	11.689	
			3	11.760	
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	1	11.527	11.527
			2	11.323	
			3	11.731	



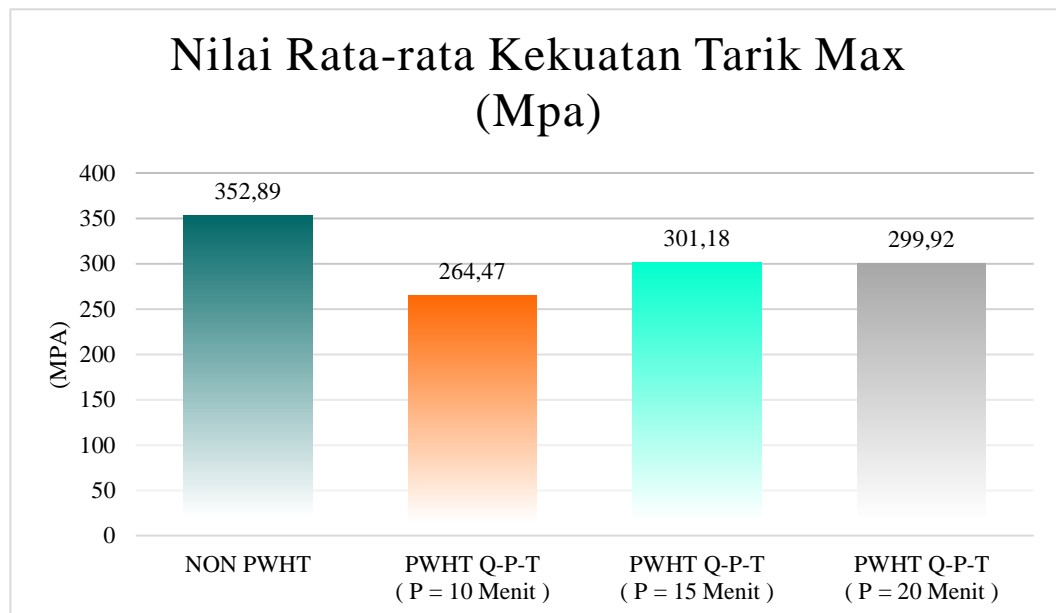
Gambar 5. 1 Grafik rata –rata beban maksimum

Berdasarkan data pengujian kekuatan Tarik, nilai rata-rata beban maksimum jika diperlihatkan kedalam sebuah grafik, maka seperti Gambar 5.1 dimana nilai rata-rata beban maksimum tertinggi dimiliki oleh spesimen Non PWHT (Raw Material) adalah sebesar 13.530 Newton dan yang terendah dimiliki oleh spesimen A yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 10 menit adalah sebesar 10.271 Newton. Hal ini menunjukkan bahwa setelah material lasan baja SS400 dilakukan proses PWHT Q-P-T maka beban maksimum yang dihasilkan semakin menurun dibandingkan sebelum proses PWHT Q-P-T. Namun diantara spesimen yang di PWHT nilai beban maksimum yang paling tinggi yaitu spesimen B PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 15 menit sebesar 11.689 Newton meskipun belum melebihi raw material bahkan variasi *holding time partitioning* 10 menit dan 20 menit justru mengalami penurunan.

5.1.2 Rata-Rata Kekuatan Tarik maksimum

Tabel 5. 2 Data rata –rata kekuatan tarik maksimum

No	Kode	Perlakuan	Spesimen	Kekuatan Tarik Max (Mpa)	Rata-Rata Kekuatan Tarik Max (Mpa)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	1	352,89	352,89
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	1	274,89	264,47
			2	254,04	
			3	264,47	
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	1	295,15	301,18
			2	301,18	
			3	307,21	
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	1	299,92	299,92
			2	309,51	
			3	290,33	



Gambar 5. 2 Grafik rata –rata kekuatan tarik maksimum

Berdasarkan data pengujian tarik nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum jika diperlihatkan kedalam sebuah grafik, maka seperti Gambar 5.2 dimana nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum terbesar dimiliki oleh spesimen Non PWHT

(Raw Material) adalah sebesar 352,89 Mpa dan yang terendah dimiliki oleh spesimen A yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 10 menit adalah sebesar 264,47 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa setelah material lasan baja SS400 dilakukan proses PWHT Q-P-T maka nilai kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan semakin menurun dibandingkan sebelum proses PWHT Q-P-T. Namun diantara spesimen yang di PWHT nilai kekuatan tarik maksimum yang paling tinggi yaitu spesimen B PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 15 menit sebesar 301,18 MPa meskipun belum melebihi raw material bahkan variasi *holding time partitioning* 10 menit dan 20 menit justru mengalami penurunan.

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Affandi et al., 2017) dari hasil uji tarik spesimen lasan baja JIS SUP 9A PWHT metode *quenching-partitioning* variasi *holding time partitioning* 25 detik, 50 detik dan 100 detik. Nilai kekuatan tarik maksimum terbesar dimiliki oleh spesimen dengan variasi *holding time* 100 detik dan dapat meningkatkan kekuatan tarik maksimum sebesar 40,3% dibandingkan dengan spesimen JIS SUP 9A non PWHT *quenching-partitioning*.

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Zaenuddin, 2018) dari hasil pengujian tarik spesimen lasan material ASTM A36 PWHT 450C selama 70 menit. Nilai kekuatan tarik maksimum terbesar dimiliki oleh spesimen Non PWHT dan dapat meningkatkan kekuatan tarik maksimum sebesar 8,35% dibandingkan dengan spesimen ASTM A36 PWHT 450C selama 70 menit

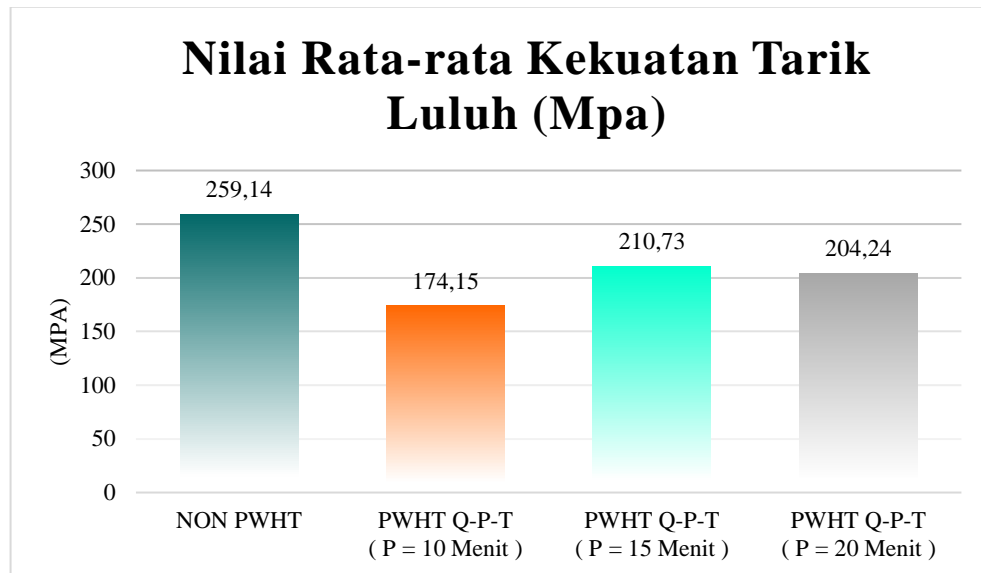
Sedangkan hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Satrio, 2022) dari hasil pengujian tarik spesimen lasan material ASTM A 106 grade B PWHT metode

quenching air, oli dan udara . Nilai kekuatan tarik maksimum terbesar terdapat pada variasi *quenching* udara dan dapat meningkatkan kekuatan tarik maksimum sebesar 2,3% dibandingkan dengan spesimen ASTM A 106 grade B PWHT metode *quenching* air

5.1.3 Rata-Rata Kekuatan Tarik Luluh

Tabel 5. 3 Data rata –rata kekuatan tarik luluh

No	Kode	Perlakuan	Spesimen	Kekuatan Tarik Luluh (Mpa)	Rata-Rata Kekuatan Tarik Luluh (Mpa)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	1	259,14	259,14
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	1	173,27	174,15
			2	175,02	
			3	174,15	
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	1	217,56	210,73
			2	210,73	
			3	203,89	
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	1	204,24	204,24
			2	217,09	
			3	191,38	



Gambar 5. 3 Grafik rata –rata kekuatan tarik luluh

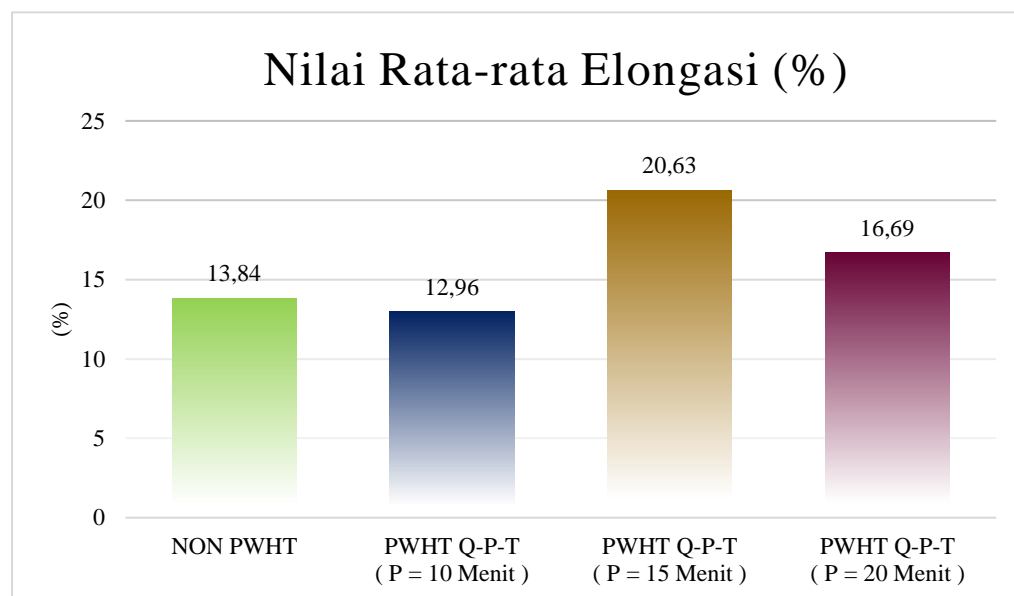
Berdasarkan data uji tarik nilai rata-rata kekuatan tarik luluh jika diperlihatkan kedalam sebuah grafik, maka seperti Gambar 5.3 dimana nilai rata-rata kekuatan tarik luluh tertinggi dimiliki oleh spesimen Non PWHT (Raw Material) adalah sebesar 259,14 MPa dan yang terendah dimiliki oleh spesimen A yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 10 menit adalah sebesar 174,14 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa setelah material lasan baja SS400 dilakukan proses PWHT Q-P-T maka nilai kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan semakin menurun dibandingkan sebelum proses PWHT Q-P-T.

Namun diantara spesimen yang di PWHT nilai kekuatan tarik luluh yang paling tinggi yaitu spesimen B PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 15 menit sebesar 210,73 MPa meskipun belum melebihi raw material bahkan variasi *holding time partitioning* 10 menit dan 20 menit justru mengalami penurunan.

5. 1.4 Rata-Rata Elongasi

Tabel 5. 4 Data rata –rata elongasi

No	Kode	Perlakuan	Spesimen	Elongasi (%)	Rata-Rata Elongasi (%)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	1	13,84	13,84
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	1	12,96	16,69
			2	20,63	
			3	16,69	
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	1	17,79	18,45
			2	18,45	
			3	19,11	
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	1	16,14	16,14
			2	16,03	
			3	16,24	



Gambar 5.4 Grafik rata –rata elongasi

Berdasarkan data pengujian tarik nilai rata-rata elongasi jika diperlihatkan kedalam sebuah grafik, maka seperti Gambar 5.4 dimana nilai rata-rata elongasi tertinggi dimiliki oleh spesimen B yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 15 menit adalah sebesar 20,63% dan yang terendah dimiliki oleh spesimen A

yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 10 menit adalah sebesar 12,96%. Hal ini menunjukkan bahwa setelah material lasan baja SS400 dilakukan proses PWHT Q-P-T maka nilai elongasi yang dihasilkan semakin meningkat dibandingkan sebelum proses PWHT Q-P-T, namun variasi *holding time partitioning* 10 menit dan 20 menit justru mengalami penurunan.

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Affandi et al., 2017) dari hasil pengujian kekuatan tarik spesimen lasan material JIS SUP 9A HT metode *Quenching-Partitioning* variasi *holding time partitioning* 25 detik, 50 detik dan 100 detik. Nilai elongasi tertinggi terdapat pada Non HT, justru yang mengalami proses HT mengalami penurunan elongasi hingga 14,08% pada variasi *holding time* 100 detik.

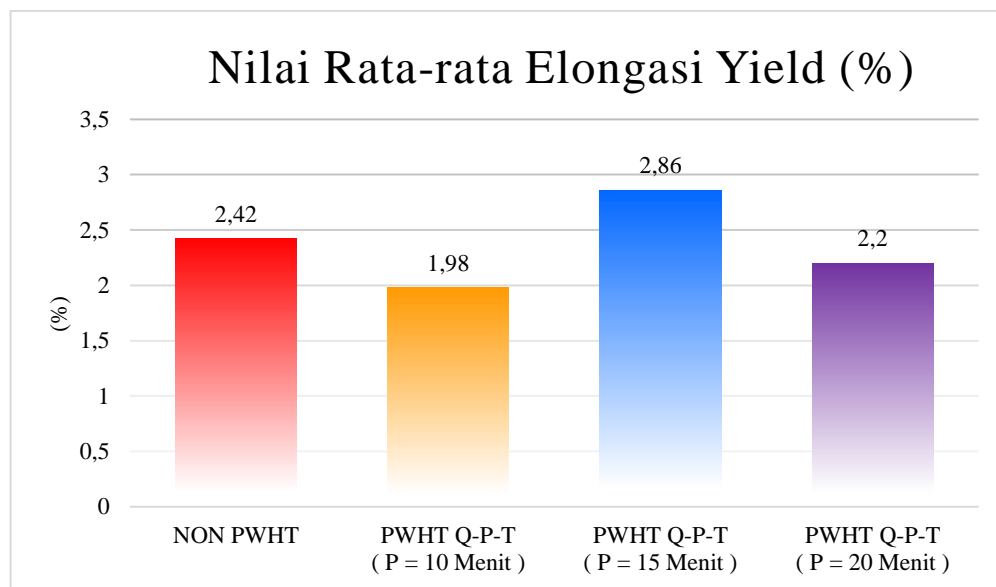
Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Zaenuddin, 2018) dari hasil pengujian tarik spesimen lasan baja ASTM A36 PWHT 450°C selama 70 menit. Nilai elongasi tertinggi terdapat pada spesimen ASTM A36 PWHT 450C selama 70 menit dan dapat meningkatkan nilai elongasi sebesar 7% dibandingkan dengan spesimen Non PWHT

Sedangkan hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Satrio, 2022) hasil uji tarik spesimen lasan material ASTM A 106 grade B PWHT metode *quenching* air, oli dan udara. Nilai elongasi tertinggi terdapat pada material PWHT quenching oli, justru yang mengalami proses PWHT *quenching* air mengalami penurunan elongasi hingga 0,95% .

5.1.5 Rata-Rata Elongasi Yield

Tabel 5. 5 Data rata –rata elongasi yield

No	Kode	Perlakuan	Spesimen	Elongasi Yield (%)	Rata-Rata Elongasi Yield (%)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	1	2,42	2,42
			2	2,42	
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	1	1,54	1,98
			2	2,41	
			3	1,98	
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	1	3,30	2,86
			2	2,86	
			3	2,42	
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	1	2,20	2,20
			2	2,20	
			3	2,19	



Gambar 5. 4 Grafik rata –rata elongasi yield

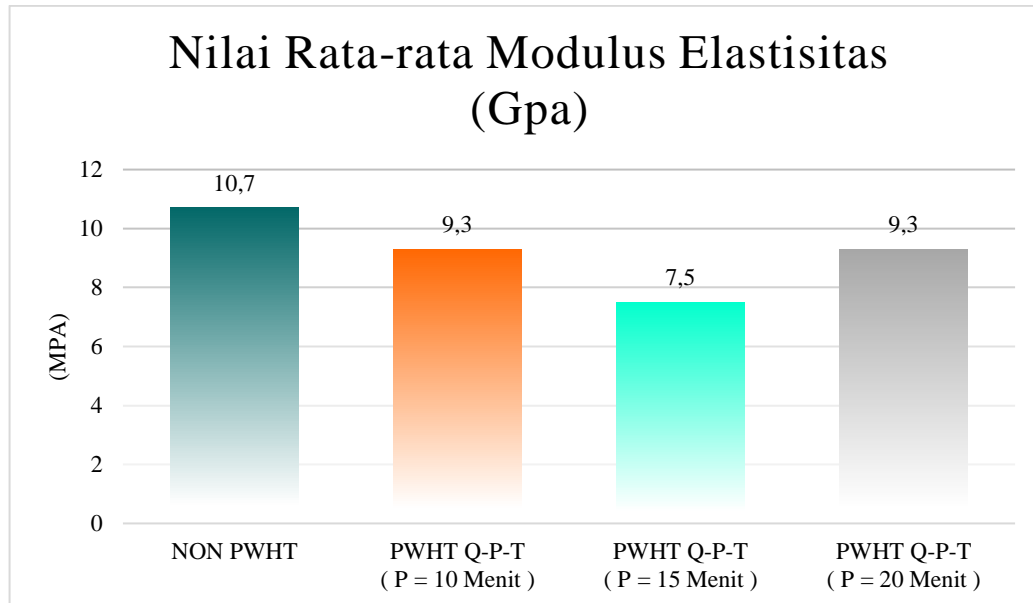
Berdasarkan data pengujian tarik nilai rata-rata elongasi yield jika diperlihatkan kedalam sebuah grafik, maka seperti Gambar 5.5 dimana nilai rata-rata elongasi tertinggi dimiliki oleh spesimen B yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 15 menit adalah sebesar 2,86% dan yang terendah dimiliki oleh spesimen A yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time*

partitioning selama 10 menit adalah sebesar 1,98%. Hal ini menunjukkan bahwa setelah material lasan baja SS400 dilakukan proses PWHT Q-P-T maka nilai elongasi yield yang dihasilkan semakin meningkat dibandingkan sebelum proses PWHT Q-P-T, namun variasi *holding time partitioning* 10 menit dan 20 menit justru mengalami penurunan.

5.1.6 Rata-Rata *Modulus Elastisitas*

Tabel 5. 6 Data rata –rata *modulus elastisitas*

No	Kode	Perlakuan	Spesimen	Modulus Elastisitas (GPa)	Rata-Rata Modulus Elastisitas (GPa)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	1	10,7	10,7
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	1	11,3	9,3
			2	7,3	
			3	9,3	
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	1	6,6	7,5
			2	7,5	
			3	8,4	
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	1	9,3	9,3
			2	9,9	
			3	8,7	



Gambar 5. 5 Grafik rata –rata *modulus elastisitas*

Berdasarkan data pengujian tarik nilai rata-rata *modulus elastisitas* jika diperlihatkan kedalam sebuah grafik, maka seperti Gambar 5.6 dimana nilai rata-rata *modulus elastisitas* terbesar dimiliki oleh spesimen Non PWHT (Raw Material) adalah sebesar 10,7 Gpa dan yang terendah dimiliki oleh spesimen B yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 15 menit adalah sebesar 7,5 GPa. Hal ini menunjukkan bahwa setelah material lasan baja SS400 dilakukan proses PWHT Q-P-T maka nilai kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan semakin menurun dibandingkan sebelum proses PWHT Q-P-T. Namun diantara spesimen yang di PWHT nilai *modulus elastisitas* yang paling tinggi yaitu spesimen A dan C PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 10 dan 20 menit masing-masing sebesar 9,3 GPa meskipun belum melebihi raw material.

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh Hosea(Affandi et al., 2017) dari hasil uji tarik spesimen pengelasan MIG Alumunium 6061 PWHT variasi *quenching* air tawar, air *coolant*, dan udara selama 15 menit. Nilai *modulus elastisitas* tertinggi

terdapat pada variasi *quenching* air *coolant* dan dapat meningkatkan kekuatan tarik maksimum sebesar 40,3% dibandingkan dengan spesimen Aluminium 6061 non PWHT

5.1.7 Hasil Pengujian Tarik

Tabel 5. 7 Data kompilasi hasil pengujian tarik

No	Kode	Perlakuan	Spesimen	Beban Maksimum (Newton)	Tegangan Maks (Mpa)	Tegangan Luluh (Mpa)	Elongasi (%)	Elongasi Yield (%)	Modulus Elastisitas (Gpa)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	1	13.530	352,89	259,14	13,84	2,42	10,7
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	1	10.572	274,89	173,27	12,96	1,54	11,3
			2	9.969	254,04	175,02	20,63	2,41	7,3
			3	10.271	264,47	174,15	16,69	1,98	9,3
Rata-Rata				10.271	264,47	174,15	16,69	1,98	9,3
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	1	11.617	295,15	217,56	17,79	3,30	6,6
			2	11.689	301,18	210,73	18,45	2,86	7,5
			3	11.760	307,21	203,89	19,11	2,42	8,4
Rata-Rata				11.689	301,18	210,73	18,45	2,86	7,5
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	1	11.527	299,92	204,24	16,14	2,20	9,3
			2	11.323	309,51	217,09	16,03	2,20	9,9
			3	11.731	290,33	191,38	16,24	2,19	8,7
Rata-Rata				11.527	299,92	204,24	16,14	2,20	9,3

Berdasarkan data hasil pengujian tarik pada Tabel 5.7 diatas, dimana spesimen N (*Raw Material*) menghasilkan Beban maksimum sebesar 13.530 Newton, Tegangan maksimum sebesar 352,89 MPa, Tegangan luluh sebesar 259,14 MPa, Elongasi sebesar 13,84%, Elongasi Yield sebesar 2,42% serta *Modulus Elastisitas* sebesar 10,7 GPa. Spesimen A (PWHT Q-P-T *variasi holding time*

partitioning 10 menit) menghasilkan rata-rata Beban maksimum sebesar 10.271 Newton, Tegangan maksimum sebesar 264,47 MPa, Tegangan luluh sebesar 174,15 MPa, Elongasi sebesar 16,69%, Elongasi *Yield* sebesar 1,98% serta *Modulus Elastisitas* sebesar 9,3 GPa. Spesimen B (*PWHT Q-P-T variasi holding time partitioning 15 menit*) menghasilkan rata-rata Beban maksimum sebesar 11.689 Newton, Tegangan maksimum sebesar 301,18 MPa, Tegangan luluh sebesar 210,73 MPa, Elongasi sebesar 18,45%, Elongasi *Yield* sebesar 2,86% serta *Modulus Elastisitas* sebesar 7,5 GPa. Sedangkan spesimen C (*PWHT Q-P-T variasi holding time partitioning 20 menit*) menghasilkan rata-rata Beban maksimum sebesar 11.527 Newton, Tegangan maksimum sebesar 299,92 MPa, Tegangan luluh sebesar 204,24 MPa, Elongasi sebesar 16,14%, Elongasi *Yield* sebesar 2,20% serta *Modulus Elastisitas* sebesar 9,3 GPa.

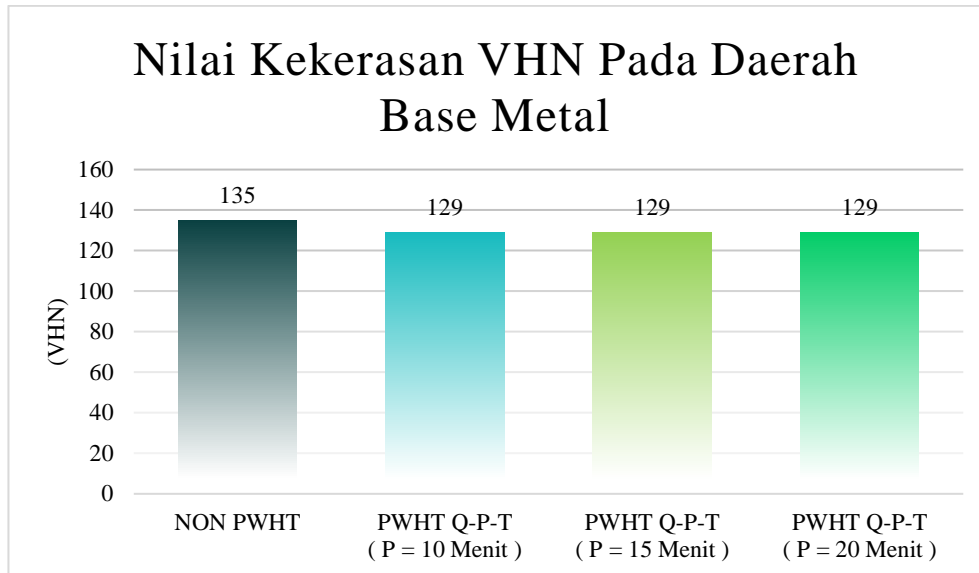
5.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui adanya pengaruh nilai kekerasan pada daerah *Base Metal* (BM), HAZ, serta *Weld Metal* (WM) material baja SS400 yang telah dilakukan proses pengelasan SMAW dan diteruskan dengan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) menggunakan metode Q-P-T variasi *holding time partitioning* selama 10, 15, dan 20 menit.

5.2.1 Kekerasan *Base Metal* (BM)

Tabel 5. 8 Data nilai kekerasan *base metal* (BM)

No	Spesimen	Perlakuan	Posisi Titik Kekerasan	Nilai Kekerasan (VHN)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	<i>Base Metal</i> (BM)	135
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	<i>Base Metal</i> (BM)	129
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	<i>Base Metal</i> (BM)	129
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	<i>Base Metal</i> (BM)	129



Gambar 5. 6 Grafik kekerasan *base metal*

Berdasarkan data pengujian kekerasan daerah *Base Metal* jika diperlihatkan dalam bentuk grafik, maka seperti Gambar 5.6 dimana Kekerasan daerah *Base Metal* tertinggi dimiliki oleh spesimen Non PWHT yaitu sebesar 135 VHN dan yang terendah dimiliki oleh spesimen A, B dan C yaitu PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 10, 15, dan 20 menit dengan nilai yang sama yaitu sebesar 129 VHN.

Hasil penelitian sebelumnya oleh (Zaenuddin, 2018) dari hasil pengujian kekerasan daerah *Base Metal* spesimen lasan material baja A36 PWHT 450°C selama 70 menit. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen non PWHT dan justru spesimen yang mendapatkan perlakuan panas mengalami penurunan nilai kekerasan hingga 25,5% pada spesimen PWHT 450°C selama 70 menit.

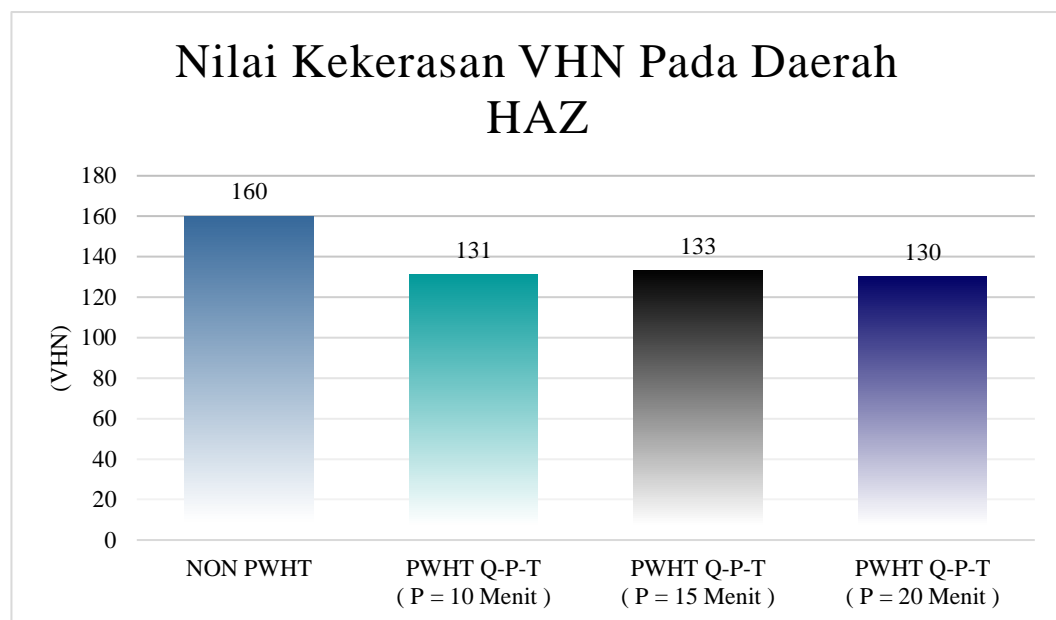
Sedangkan hasil penelitian sebelumnya oleh (Satrio, 2022) dari hasil pengujian kekerasan daerah Base Metal spesimen lasan material ASTM A106 grade B PWHT *quenching* air dan *quenching* udara. Nilai kekerasan tertinggi terdapat

pada spesimen PWHT *quenching* air dan mengalami peningkatan kekerasan sebesar 1,04% dari spesimen PWHT *quenching* udara.

5.2.2 Kekerasan *Heat Affected Zone* (HAZ)

Tabel 5. 9 Data kekerasan HAZ

No	Spesimen	Variasi	Posisi Daerah Kekerasan	Nilai Kekerasan (VHN)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	HAZ	160
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	HAZ	131
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	HAZ	133
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	HAZ	130



Gambar 5. 7 Grafik kekerasan HAZ

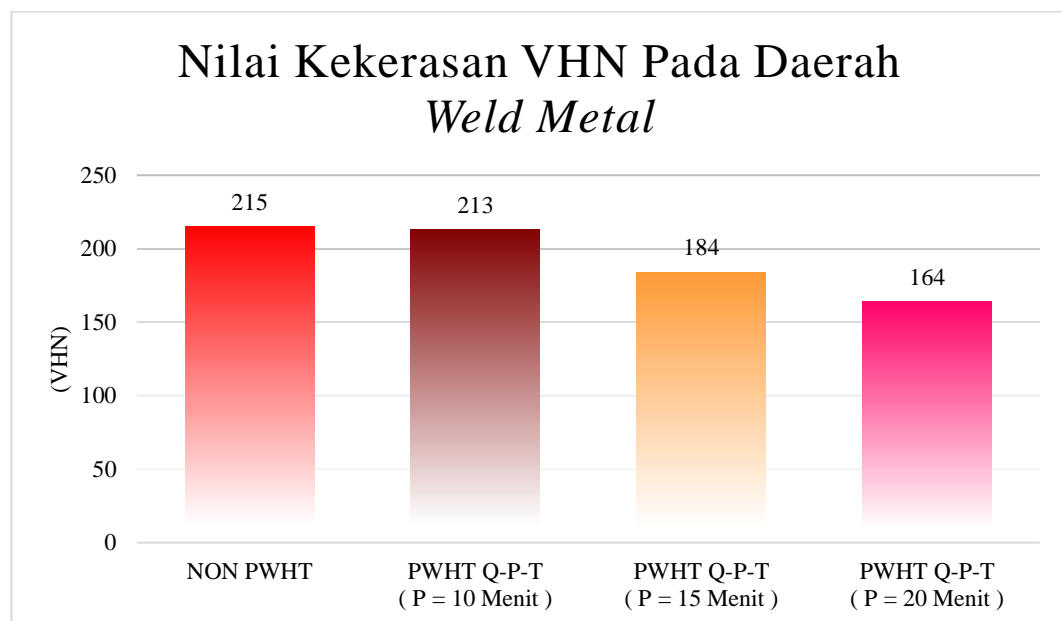
Berdasarkan data pengujian kekerasan daerah HAZ jika diperlihatkan dalam bentuk grafik, maka seperti Gambar 5.7 dimana Kekerasan daerah HAZ tertinggi dimiliki oleh spesimen Non PWHT yaitu sebesar 160 VHN dan yang terendah dimiliki oleh spesimen PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 20 menit dengan nilai 130 VHN.

Hasil penelitian sebelumnya oleh (Satrio, 2022) dari hasil pengujian kekerasan daerah HAZ spesimen lasan material ASTM A106 grade B PWHT *quenching* air dan *quenching* udara. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen PWHT *quenching* air dan mengalami peningkatan kekerasan sebesar 1,05% dari spesimen PWHT *quenching* udara..

5.2.3 Kekerasan *Weld metal* (WM)

Tabel 5. 10 Data Nilai kekerasan *weld metal*

No	Spesimen	Perlakuan	Posisi Titik Kekerasan	Nilai Kekerasan (VHN)
1	N	NON PWHT (Raw Material)	<i>Weld Metal</i> (WM)	215
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	<i>Weld Metal</i> (WM)	213
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	<i>Weld Metal</i> (WM)	184
4	C	PWHT Q-P-T (P = 20 Menit)	<i>Weld Metal</i> (WM)	164



Gambar 5. 8 Grafik kekerasan *weld metal*

Berdasarkan data uji kekerasan daerah *Weld Metal* (WM) jika diperlihatkan dalam bentuk grafik, maka seperti Gambar 5.8 dimana Kekerasan daerah *Weld Metal* tertinggi dimiliki oleh spesimen Non PWHT yaitu sebesar 215 VHN dan yang terendah dimiliki oleh spesimen PWHT Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 20 menit sebesar 164 VHN. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama *holding time partitioning* PWHT metode Q-P-T maka nilai kekerasan daerah *Weld Metal* juga semakin menurun dan mendekati nilai kekerasan daerah *HAZ* serta *Base Metal*

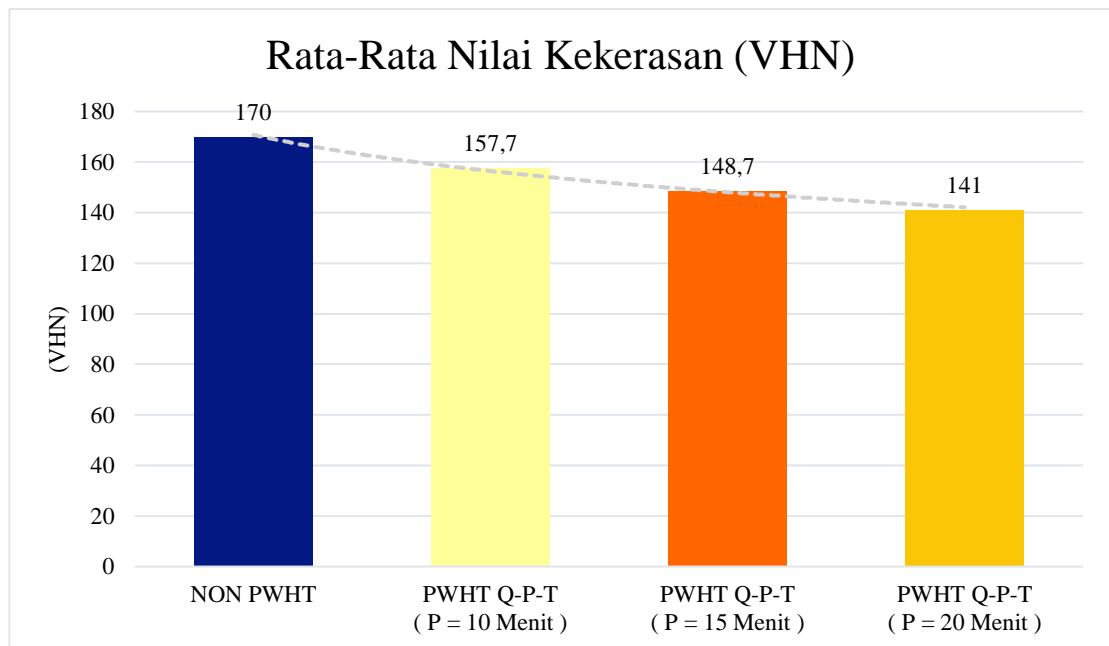
Hasil penelitian sebelumnya oleh (Zaenuddin, 2018) dari hasil pengujian kekerasan daerah *Base Metal* spesimen lasan material baja A36 PWHT 450°C selama 70 menit. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen non PWHT dan justru spesimen yang mendapatkan perlakuan panas mengalami penurunan nilai kekerasan hingga 59% pada spesimen PWHT 450°C selama 70 menit.

Sedangkan hasil penelitian sebelumnya oleh (Satrio, 2022) dari hasil pengujian kekerasan daerah *Base Metal* spesimen lasan material ASTM A106 grade B PWHT *quenching* air dan *quenching* udara. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen PWHT *quenching* air dan mengalami peningkatan kekerasan sebesar 1,06% dari spesimen PWHT *quenching* udara.

5.2.4 Rata-rata Nilai Kekerasan

Tabel 5. 11 Data rata-rata kekerasan

No	Spesimen	Perlakuan	Nilai (VHN)/Titik Uji			Rata-Rata Nilai Kekerasan (VHN)
			<i>Base Metal</i>	HAZ	<i>Weld Metal</i>	
1	N	NON PWHT (Raw Material)	135	160	215	170
2	A	PWHT Q-P-T (P = 10 Menit)	129	131	213	157,7
3	B	PWHT Q-P-T (P = 15 Menit)	129	133	184	148,7
4	C	PWHT Q-P-T (P = 120 Menit)	129	130	164	141



Gambar 5. 9 Grafik rata-rata nilai kekerasan

Berdasarkan data uji kekerasan daerah *Base Metal* (BM), *HAZ*, serta *Weld Metal* (WM) jika dirata-rata dan digambarkan dalam bentuk grafik maka seperti Gambar 5.9 dimana nilai rata-rata kekerasan tertinggi dimiliki oleh spesimen Non PWHT yaitu sebesar 170 VHN dan yang terendah dimiliki oleh spesimen PWHT

Q-P-T dengan variasi *holding time partitioning* selama 20 menit sebesar 141 VHN. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama *holding time partitioning* PWHT metode Q-P-T maka nilai kekerasan juga semakin turun.

Hasil penelitian sebelumnya oleh (Zaenuddin, 2018) dari hasil pengujian kekerasan spesimen lasan material baja A36 PWHT 450°C selama 70 menit. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen non PWHT dan justru spesimen yang mendapatkan perlakuan panas mengalami penurunan nilai kekerasan hingga 48% pada spesimen PWHT 450°C selama 70 menit.

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Affandi et al., 2017) hasil uji kekerasan material JIS SUP 9A HT metode *quenching-partitioning* variasi *holding time partitioning* 25 detik, 50 detik dan 100 detik. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen HT metode *quenching-partitioning* variasi *holding time partitioning* 100 detik, dan mengalami peningkatan kekerasan sebesar 21% dari spesimen non HT.

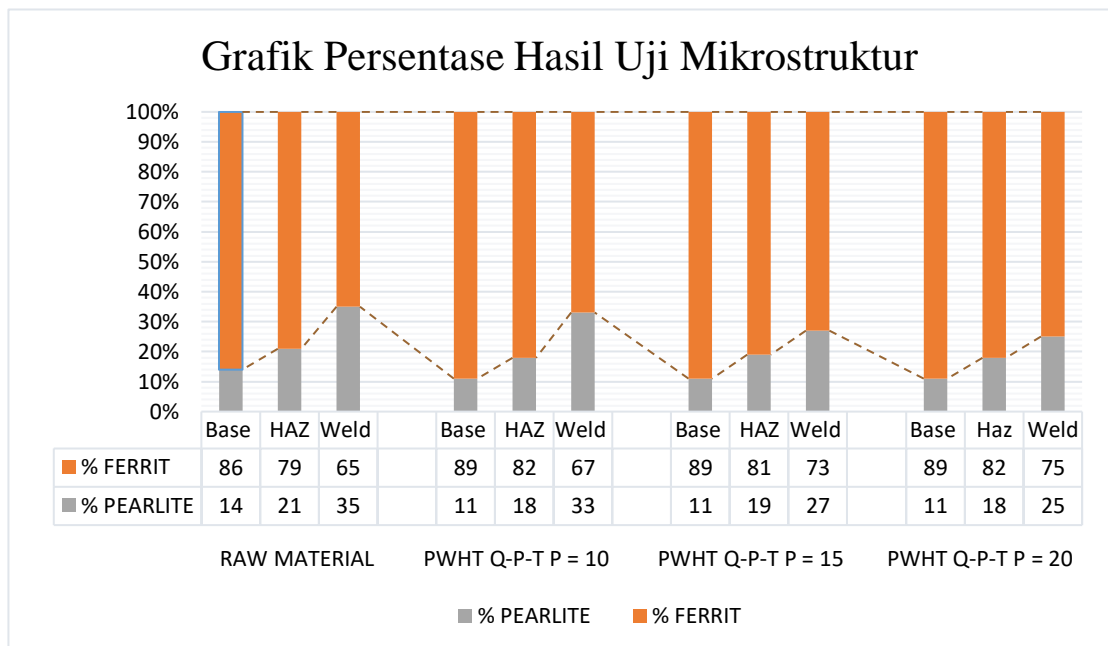
Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Saefuloh et al., 2018) dari hasil pengujian kekerasan material baja laterit HT Q-T variasi suhu *tempering* 100°C, 200°C, dan 300°C. nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen HT *quenching* non *tempering* dan mengalami penurunan nilai kekerasan pada spesimen HT Q-T variasi suhu *tempering* 300°C sebesar 15%.

Sedangkan hasil penelitian sebelumnya oleh (Satrio, 2022) dari hasil pengujian kekerasan spesimen lasan material ASTM A106 grade B PWHT *quenching* air dan *quenching* udara. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada

spesimen PWHT *quenching* air dan mengalami peningkatan kekerasan sebesar 1,05% dari spesimen PWHT *quenching* udara.

5.3 Data Hasil Pengujian Mikrostruktur

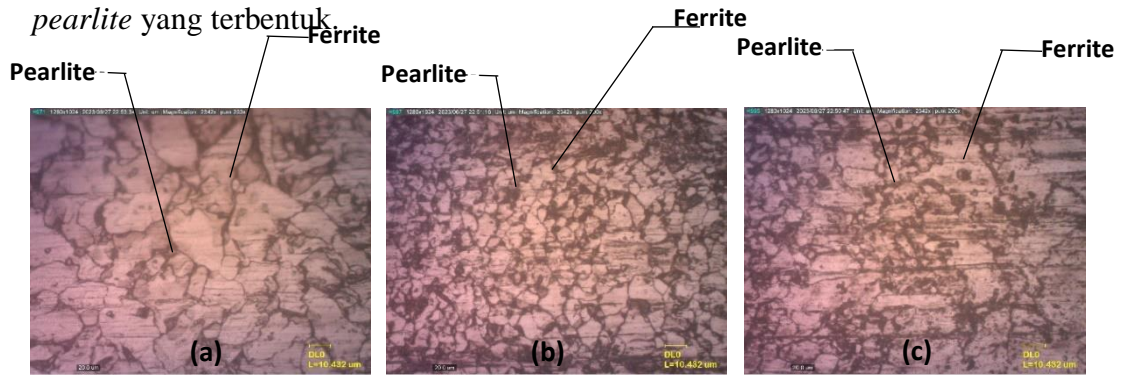
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui struktur mikro pada spesimen baja SS400 yang telah dilakukan proses pengelasan SMAW dan diteruskan dengan *Post Weld Heat Treatment* (PWHT) menggunakan metode Q-P-T variasi *holding time partitioning* selama 10, 15, dan 20 menit. Berikut adalah Struktur yang terbentuk dari hasil pengujian mikrostruktur



Gambar 5. 10 Grafik presentase hasil uji mikrostruktur

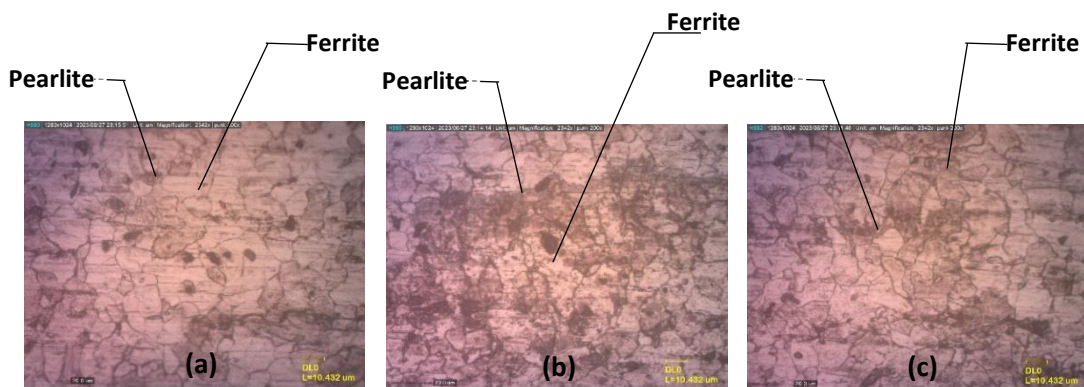
Dari hasil pengujian struktur mikro pengelasan Sambungan baja SS400 PWHT metode Q-P-T variasi *holding time partitioning* selama 10, 15, dan 20 menit menghasilkan perubahan struktur butir dan hanya membentuk fasa *pearlite* dan *ferrite*, dimana dominan fasa *ferrite* dan *pearlite* yang terbentuk lebih sedikit. Fasa

ferrite mempunyai sifat ulet dan memiliki konduktivitas yang tinggi. *Pearlite* adalah campuran *ferrite* dan sementit. Banyaknya pearlite dipengaruhi oleh kandungan karbon. Semakin banyak kandungan karbon maka semakin banyak juga kandungan *pearlite* yang terbentuk



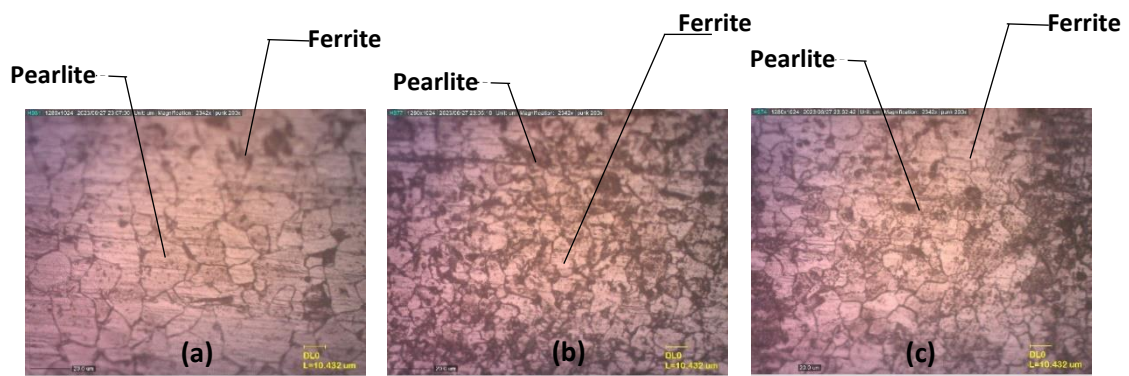
Gambar 5. 11 Foto mikrostruktur BM, HAZ dan WM spesimen A

Presentase *Pearlite* di daerah sambungan las WM (*Weld metal*) lebih banyak terbentuk dikarenakan pada sambungan las memiliki kecepatan pendinginan yang tinggi. Sedangkan di daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) akibat masukan panas dan kecepatan pendinginan yang rendah sehingga *pearlite* yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan daerah WM. Pada BM (logam induk) pearlite yang terbentuk sedikit dikarenakan kecilnya pengaruh suhu dan tekanan pada daerah tersebut. Sehingga butir belum mengalami deformasi.



Gambar 5. 12 Foto mikrostruktur BM, HAZ dan WM spesimen B

Dari beberapa variasi didapatkan variasi dengan nilai presentase fasa *pearlite* tertinggi adalah spesimen Non PWHT terutama pada *Weld Metal* dengan presentase 35% *Pearlite* dan 65% *Ferrite* Sedangkan spesimen dengan presentase fasa *pearlite* terendah pada *Weld Metal* yaitu spesimen PWHT Q-P-T variasi *holding time* 20 menit dengan presentase 25% *pearlite* dan 75% *ferrite*.



Gambar 5. 13 Foto mikrostruktur BM, HAZ dan WM spesimen C

Semakin tinggi presentase fasa *ferrite*, maka semakin keras logam tersebut. Begitupun sebaliknya, semakin tinggi presentase fasa *ferrite* maka semakin ulet logam tersebut

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Affandi et al., 2017) dari hasil uji kekerasan baja JIS SUP 9A HT metode *quenching-partitioning* variasi *holding time partitioning* 25 detik, 50 detik dan 100 detik. Fasa yang terbentuk spesimen Non HT adalah *ferrite* dan *pearlite*, spesimen HT Q-P variasi *holding time partitioning* 25 detik adalah *austenite* sisa dan *martensite*, spesimen HT Q-P variasi *holding time partitioning* 50 detik adalah *austenite* sisa dan *martensite* dan spesimen HT Q-P variasi *holding time partitioning* 100 detik adalah *austenite* sisa, *martensite* dan *bainite*.

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Saefuloh et al., 2018) dari hasil pengujian kekerasan material baja laterit HT Q-T variasi suhu *tempering* 100, 200, dan 300°C. Fasa yang terbentuk spesimen Non HT adalah *ferrite* dan *pearlite*, spesimen HT Q-T variasi suhu *tempering* 100°C adalah *martensite* dan *austenite* sisa, spesimen HT Q-T variasi suhu *tempering* 200°C adalah *martensite* dan *austenite* sisa, serta spesimen HT Q-T variasi suhu *tempering* 300°C adalah *martensite* dan *austenite* sisa.

Hasil penelitian yang sebelumnya oleh (Alhamidi, 2020) dari hasil pengujian kekerasan material baja WRM 1045 HT Q-P variasi holding time *heating* 30 dan 60 menit. Fasa yang terbentuk spesimen Non HT adalah *ferrite* dan *pearlite*, spesimen HT Q-P *holding time heating* 30 menit adalah *martensite* dengan presentase 73% dan *retained austenit* dengan presentase 27% serta spesimen HT Q-P *holding time heating* 60 menit adalah *martensite* dengan presentase 68% dan *retained austenit* dengan presentase 32%.

5.4 Sintesa Hasil Pengujian

Tabel 5. 12 Sintesa Hasil Pengujian

No	Spesimen	PWHT	Uji Tarik			Uji Kekerasan (VHN)			Uji Mikrostruktur (%)					
			σ (MPa)	ϵ (%)	E (GPa)	BM	HAZ	WM	BM		HAZ		WM	
									Perlite	Ferrite	Perlite	Ferrite	Perlite	Ferrite
1	N	NON	352,89	13,84	10,7	135	160	215	14	86	21	79	35	65
2	A	P =10 Menit	264,47	16,69	9,3	129	131	213	11	89	18	82	33	67
3	B	P =15 Menit	301,18	18,45	7,5	129	133	184	11,2	88,8	19	81	27	73
4	C	P =20 Menit	299,92	16,14	9,3	129	130	164	10,7	89,3	17,9	82,1	25	75

Dari hasil pengujian Mekanik yaitu uji Tarik, Uji Mikrostruktur dan Uji kekerasan pengelasan Sambungan baja SS400 PWHT metode Q-P-T variasi *holding time partitioning* selama 10, 15, dan 20 menit didapatkan data seperti Tabel 5.12 diatas, dimana spesimen N (*Raw Material*) pada pengujian tarik menghasilkan Tegangan maksimum sebesar 352,89 MPa, Elongasi sebesar 13,84% serta Modulus Elastisitas sebesar 10,7 GPa dan pada pengujian kekerasan di daerah *Base Metal* (BM) menghasilkan nilai kekerasan 135 VHN, 160 VHN di daerah HAZ, serta 215 VHN di daerah *Weld Metal* (WM) dan untuk pengujian mikrostruktur menghasilkan fasa *pearlite* dan *ferrite* yang masing masing memiliki presentase 14% *Pearlite* dan 86% *Ferrite* di daerah *Base Metal* (BM), 21% *Pearlite* dan 79% *Ferrite* di daerah HAZ, Serta 35% *Pearlite* dan 65% *Ferrite* di daerah *Weld Metal* (WM).

Spesimen A (PWHT Q-P-T variasi *holding time partitioning 10 menit* pada pengujian tarik menghasilkan Tegangan maksimum sebesar 264,47 MPa, Elongasi sebesar 16,69% serta Modulus Elastisitas sebesar 9,3 GPa dan pada pengujian kekerasan di daerah *Base Metal* (BM) menghasilkan nilai kekerasan 129 VHN, 131 VHN di daerah HAZ, serta 213 VHN di daerah *Weld Metal* (WM) dan untuk

pengujian mikrostruktur menghasilkan fasa *pearlite* dan *ferrite* yang masing masing memiliki presentase 11% *Pearlite* dan 89% *Ferrite* di daerah *Base Metal* (BM), 18% *Pearlite* dan 82% *Ferrite* di daerah HAZ, Serta 33% *Pearlite* dan 67% *Ferrite* di daerah *Weld Metal* (WM).

Spesimen B (PWHT Q-P-T *variasi holding time partitioning 15 menit*) pada pengujian tarik menghasilkan Tegangan maksimum sebesar 301,18 MPa, Elongasi sebesar 18,45% serta Modulus Elastisitas sebesar 7,5 GPa dan pada pengujian kekerasan di daerah *Base Metal* (BM) menghasilkan nilai kekerasan 129 VHN, 133 VHN di daerah HAZ, serta 184 VHN di daerah *Weld Metal* (WM) dan untuk pengujian mikrostruktur menghasilkan fasa *pearlite* dan *ferrite* yang masing masing memiliki presentase 11,2% *Pearlite* dan 88,8% *Ferrite* di daerah *Base Metal* (BM), 19% *Pearlite* dan 81% *Ferrite* di daerah HAZ, Serta 27% *Pearlite* dan 73% *Ferrite* di daerah *Weld Metal* (WM).

Sedangkan spesimen C (PWHT Q-P-T *variasi holding time partitioning 20 menit*) pada pengujian tarik menghasilkan Tegangan maksimum sebesar 299,92 MPa, Elongasi sebesar 16,14% serta Modulus Elastisitas sebesar 9,3 GPa dan pada pengujian kekerasan di daerah *Base Metal* (BM) menghasilkan nilai kekerasan 129 VHN, 130 VHN di daerah HAZ, serta 164 VHN di daerah *Weld Metal* (WM) dan untuk pengujian mikrostruktur menghasilkan fasa *pearlite* dan *ferrite* yang masing masing memiliki presentase 10,7% *Pearlite* dan 89,3% *Ferrite* di daerah *Base Metal* (BM), 17,9% *Pearlite* dan 82,1% *Ferrite* di daerah HAZ, Serta 25% *Pearlite* dan 75% *Ferrite* di daerah *Weld Metal* (WM).