



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH MORFOLOGI DAN JUMLAH NODUL
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN PADA
BESI ULET AUSTEMPER DINDING TIPIS**

SKRIPSI

**WANDI WAHYUDI
0606075340**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI & MATERIAL
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH MORFOLOGI DAN JUMLAH NODUL
TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN PADA
BESI ULET AUSTEMPER DINDING TIPIS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**WANDI WAHYUDI
0606075340**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI & MATERIAL
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

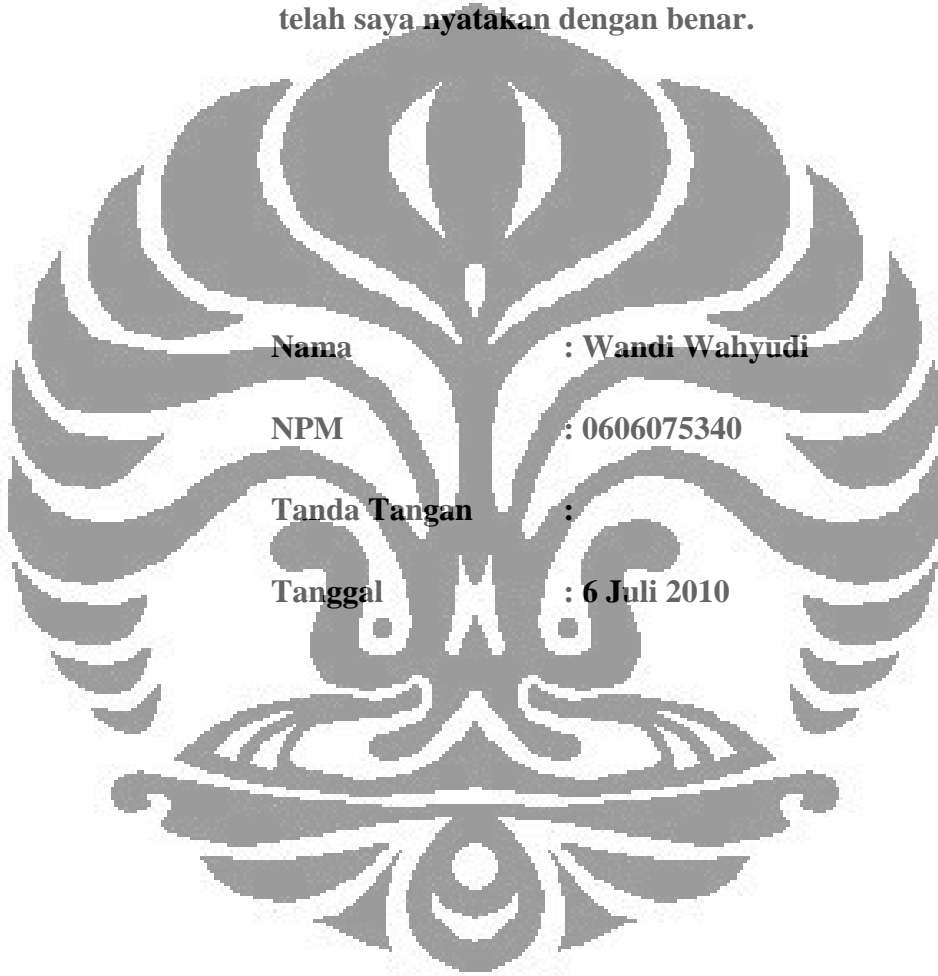
**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Wandi Wahyudi

NPM : 0606075340

Tanda Tangan :

Tanggal : 6 Juli 2010



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Wandi Wahyudi

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul : Pengaruh Morfologi dan Jumlah Nodul terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Besi Ulet Austemper Dinding Tipis

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M, DEA ()

Penguji 1 : Dwi Marta Nurjaya, ST, MT ()

Penguji 2 : Rianti Dewi Sulamet Ariobimo, ST, M.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2010

KATA PENGANTAR

“yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi seraya berkata: “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.” (QS Ali Imran : 191)

“Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?” (QS. Al Mulk : 3)

“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap. (QS. Al Insiyroh : 7-8)

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan nikmat-Nya laporan skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Morfologi dan Jumlah Nodul terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Besi Ulet Austemper Dinding Tipis”** disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan akademis untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ibu Rianti Dewi Sulamet Ariobimo, selaku pembimbing dan teman selama pembuatan skripsi, yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberi pengarahan dan bimbingan serta diskusi untuk menyelesaikan tugas skripsi ini;
3. Kedua orang tua dan keluarga besar saya yang telah mendoakan serta memberikan bantuan baik moril maupun materiil;
4. Ewaldo Zulfikar, Wahyu Dwi Haryono, Ari Azhari (almarhum, semoga Allah SWT merahmatinya), Didi Darul Fadli, Irlinda Desita, Lusiana Eka dan

Chintya Viola Chairany, selaku teman selama proses penelitian skripsi, yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas skripsi ini;

5. Seluruh pihak dan rekan kerja PT. X yang telah banyak membantu dalam program penelitian mulai dari pegarahan sampai memberikan data-data yang saya butuhkan;
6. Bapak Putera Sampoerna, Bapak Eddy Henri, Bapak Wahono, Ibu Rini Tampi, Ibu Asri Triasih Susanti, Ibu Ratih Mayasari, Ibu Linda dan seluruh keluarga besar Yayasan Putera Sampoerna (*Putera Sampoerna Foundation*) yang telah memberikan dukungan moril dan materiil sejak saya mulai hingga menyelesaikan studi di Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI;
7. Para sahabat seperjuangan saya di FUSI FTUI periode 2008: Satabrasyahdin, Mas Pras, M. Syaifuddin Zuhri, Jainal Abidin, Ponco Widodo, M. Firdaus, Faiz Husnayain, Wahyu Trihadi, Aan Prasetyo, Kushardian Muhammad dan lain-lain.
8. Seluruh sahabat seperjuangan selama berkuliah di Departemen Metalurgi dan Material FTUI khususnya angkatan 2006: Bangun Wijayanto, Aulia Sani, Moch. Fani Indarto, Setiadi Putra, Desto Wahyu, R. Bagus Hendro, Gilang Ramadhan, Agus Somantri, M. Azi Falah, Rahmat Yulianto dan lain-lain.
9. Para sahabat saya di Sampoerna Foundation Scholar's Club Jakarta periode 2006 hingga periode 2010, Kelompok Asuh Pelita Hati, TPA Rumah Iqro, SABIT SMA 97 dan sebagainya yang tidak bisa saya tuliskan satu per satu di sini namun tidak mengurangi ucapan terima kasih saya yang besar untuk kalian atas dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

Saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu metalurgi dan material ke depan.

Depok, 6 Juli 2010

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wandi Wahyudi
NPM : 0606075340
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengaruh Morfologi dan Jumlah Nodul terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Besi Ulet Austemper Dinding Tipis

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 6 Juli 2010

Yang menyatakan

(Wandi Wahyudi)

ABSTRAK

Nama : Wandi Wahyudi

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul : Pengaruh Morfologi dan Jumlah Nodul terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Besi Ulet Austemper Dinding Tipis

Pada penelitian ini dilakukan proses austenisasi terhadap besi ulet dinding tipis (TWDI) dengan ketebalan 1 mm pada temperatur 960°C selama 30 menit kemudian dilanjutkan dengan austempering pada 350°C selama 10 menit sehingga diperoleh besi ulet austemper dinding tipis (TWADI), kemudian dilakukan perbandingan morfologi dan jumlah nodul antarpelat terhadap kekuatan tarik dan kekerasannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah nodul hingga 59%, kenodulan 6% dan diameter nodul maksimum 33% TWADI tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan namun berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik di mana kekuatan tarik maksimum mengalami peningkatan hingga 71%. Kekuatan tarik tertinggi (765 N/mm²) dan elongasi terbesar (1%) diperoleh pada jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul TWADI berturut-turut 317 nodul/mm², 90% dan 3 µm. Sedangkan kekerasan terbaik (379 BHN) diperoleh pada jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul TWADI berturut-turut 285-350 nodul/mm², 92% dan 3 µm.

Kata kunci: besi ulet austemper dinding tipis, jumlah nodul, kenodulan, diameter nodul

ABSTRACT

Name : Wandu Wahyu
Major : Metallurgy and Materials Engineering
Title : Effect of Morphology and Nodule Count to Tensile Strength and Hardness in Thin Wall Austempered Ductile Iron

This research was held by austenizing the thin wall ductile irons (TWDIs) 1 mm at temperature given 960°C for 30 minutes then austempered at 350°C for 10 minutes so that thin wall austempered ductile irons (TWADIs) were obtained, then the morphology and nodule count each samples were compared to their tensile strength and hardness. The result exhibited that the increased of maximum 59% nodule count, 6% nodularity and 33% nodule diameter were not affect to the hardness significantly (only max. 1%) but highly influenced to tensile strength where the ultimate tensile strength increased untill 71%. In particular, the best result of tensile strength (765 N/mm²) and elongation (1%) were found when the nodule count, nodularity and nodule diameter of TWADIs were 317 nodule/mm², 90% and 3 μm respectively. Whereas the best result of hardness (379 BHN) were found when the nodule count, nodularity and nodule diameter of TWADIs were 285-350 nodule/mm², 92% and 3 μm respectively.

Keywords: thin wall austempered ductile iron, nodule count, nodularity, nodule diameter

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
BAB 2 DASAR TEORI	
2.1 Besi Ulet Nodular Dinding Tipis (<i>Thin Wall Ductile Iron</i>)	5
2.2 Besi Ulet Austemper Dinding Tipis (<i>Thin Wall Austempered Ductile Iron</i>)	5
2.3 Jumlah Nodul dan Kenodulan	7
2.4 Penghitungan Jumlah Nodul dan Kenodulan	11
2.5 Besi Ulet Austemper (<i>Austempered Ductile Iron</i>)	12
2.6 Mikrostruktur ADI	18
2.7 Proses Austempering	19
2.8 Media Proses Austempering	26

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	30
3.2	Alat dan Bahan	31
3.2.1	Alat	31
3.2.1.1	Alat pada Proses Pengecoran	31
3.2.1.2	Alat pada Proses Austempering	32
3.2.1.3	Alat pada Proses Pengujian	33
3.2.2	Bahan Baku	33
3.2.2.1	Bahan Baku Proses Pengecoran Logam	33
3.2.2.2	Bahan Baku Proses Austempering	34
3.3	Prosedur Penelitian	34
3.3.1	Pembuatan Disain Cetakan	34
3.3.2	Perbaikan Pola	35
3.3.3	Pembuatan Cetakan	36
3.3.4	Pembuatan Logam Cair dan <i>Liquid Treatment</i>	37
3.3.5	Penuangan Logam Cair	38
3.3.6	Proses Austempering	39
3.3.6.1	Pemanasan Awal (<i>Preheating</i>)	39
3.3.6.2	Austenisasi	39
3.3.6.3	Austempering	40
3.3.7	Preparasi Sampel	41
3.3.7.1	Preparasi Sampel Pengujian Komposisi Kimia	41
3.3.7.2	Preparasi Sampel Proses Austempering	41
3.3.7.3	Preparasi Sampel Pengamatan Struktur Mikro	41
3.3.7.4	Preparasi Sampel Pengujian Kekerasan	43
3.3.7.5	Preparasi Sampel Pengujian Tarik	43
3.3.8	Pengujian	43
3.3.8.1	Pengujian Komposisi Kimia	43
3.3.8.2	Pengamatan Struktur Mikro	44
3.3.8.3	Pengujian Kekerasan	44
3.3.8.4	Pengujian Tarik	45

BAB 4	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1	Komposisi Kimia	46
4.2	Pengamatan Visual	47
4.2.1	Penanganan Sampel	47
4.2.2	Proses Austempering	48
4.3	Struktur Mikro, Diagram Fasa dan Diagram Pendinginan	50
4.3.1	Struktur Mikro	50
4.3.2	Diagram Fasa dan Diagram Pendinginan	53
4.4	Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata	54
4.5	Pengujian Sifat Mekanis	57
4.5.1	Pengujian Kekerasan	57
4.5.2	Pengujian Tarik	60
4.5.2.1	Kekuatan Tarik	60
4.5.2.2	Elongasi	64
BAB 5	KESIMPULAN	67
	DAFTAR PUSTAKA	68
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Penggunaan ADI di berbagai bidang pada tahun 2004	1
Gambar 1.2	a) Biaya relatif terhadap unit <i>yield strength</i> beberapa material. (b) Berat relatif terhadap unit <i>yield strength</i>	2
Gambar 2.1	Pengaruh ketebalan pelat besi tuang nodular terhadap jumlah nodul	9
Gambar 2.2	(a) Pengaruh kenodulan terhadap fatigue strength reduction pada besi tuang nodular pearlitik. (b) Pengaruh ukuran nodul dan kekerasan matriks terhadap batas fatik besi tuang nodular	12
Gambar 2.3	(a) <i>ADI crankshaft</i> untuk Tuscan Speed Six. (b) <i>Ford Mustang Cobra suspension arm</i>	13
Gambar 2.4	(a) Perbandingan <i>yield strength</i> ADI terhadap BTN dan baja. (b) Perbandingan <i>yield strength</i> ADI dan aluminium	16
Gambar 2.5	Perbandingan <i>Modulus Young</i> beberapa material	16
Gambar 2.6	(a) BTN yang diaustemper pada 260 °C (b) BTN yang sama diaustemper pada 370 °C	19
Gambar 2.7	Diagram proses austempering dan perlakuan panas biasa	20
Gambar 2.8	Perbandingan perubahan dimensi material hasil proses austempering dengan proses perlakuan panas biasa	21
Gambar 2.9	Pengaruh temperatur austempering terhadap (a) <i>yield strength</i> dan (b) elongasi ADI	23
Gambar 2.10	Hubungan antara temperatur austempering, penyerapan energi impact, elongasi dan <i>stabilized austenite</i>	23
Gambar 2.11	Pengaruh waktu austempering terhadap elongasi beberapa jenis ADI	24
Gambar 2.12	Pengaruh waktu tahan austempering terhadap jumlah <i>stabilized austenite</i> dan kekerasan ADI	24
Gambar 2.13	(a) dan (b) contoh metode peletakan material pada rak, (c) metode peletakkan material untuk proses kontinyu antara	26

	proses austenisasi dengan proses austempering	
Gambar 2.14	Skema fluidized bed: 1) fluidized bed, 2) keranjang kawat, 3) tempat distribusi udara	27
Gambar 2.25	Kurva pendinginan pada bagian tengah sampel dengan beberapa media pendingin	37
Gambar 2.26	Pengaruh media pendingin terhadap bagian dalam material	38
Gambar 2.27	Hubungan antara kenaikan temperatur dan laju pemanasan terhadap waktu. (b) Profil pendinginan pada bagian tengah sampel dengan beberapa media pendingin	39
Gambar 3.1	Diagram alir proses penelitian	30
Gambar 3.2	(a) Geometri pelat. (b) Disain pola	35
Gambar 3.3	(a) Pencocokan ukuran pola logam pada pola kayu. (b) Pola dioleskan dengan larutan separasi	36
Gambar 3.4	(a) Cetakan yang telah dioleskan isomol. (b) Penggabungan flask	36
Gambar 3.5	(a) Sampel TWADI FCD 450 1mm dililitkan kawat sebelum dilakukan perlakuan panas. (b) Posisi penempatan sampel sesaat sebelum dimasukkan ke dalam tungku <i>preheating</i>	39
Gambar 3.6	(a) Tungku <i>preheating</i> . (b) Tungku austenisasi. (c) Tungku austempering	40
Gambar 3.7	(a) Sampel TWADI setelah dilakukan proses austempering. (b) Sampel TWADI disusun berdasarkan penamaan sampel	40
Gambar 3.8	Skema bagian sampel untuk uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji tarik	41
Gambar 3.9	Sampel foto struktur mikro yang telah dipotong dan diberi nama berdasarkan kode pelat	42
Gambar 4.1	(a) Sampel TWADI yang telah dililitkan kawat dan siap dilakukan proses austempering. (b) Kondisi penempatan sampel di dalam tungku selama proses austempering	48
Gambar 4.2	Sampel TWADI yang diperoleh dari proses austempering	49
Gambar 4.3	(a) Tungku <i>preheating</i> . (b) Tungku austenisasi. (c) Tungku austempering	50

Gambar 4.4	Struktur mikro TWADI hasil austempering 350°C dan austenisasi 960. (a) Pelat 1, (b) Pelat 2, (c) Pelat 3, (d) Pelat 4 dan (d) Pelat 5	52
Gambar 4.5	(a) Struktur mikro ADI hasil austempering 360°C dan austenisasi 880°C. (b) Struktur mikro ADI hasil austempering 400°C dan austenisasi 900°C	52
Gambar 4.6	Diagram fasa Fe-C 2,5%Si	53
Gambar 4.7	Trend pengaruh perubahan morfologi dan jumlah nodul terhadap kekerasan dan kekuatan tarik TWADI dan TWADI	56
Gambar 4.8	Pengaruh jumlah nodul terhadap kekerasan TWADI	58
Gambar 4.9	Pengaruh kenodulan grafit terhadap kekerasan TWADI	59
Gambar 4.10	Pengaruh diameter nodul rata-rata grafit terhadap kekerasan TWADI	60
Gambar 4.11	Pengaruh jumlah nodul terhadap kekuatan tarik TWADI	61
Gambar 4.12	Pengaruh kenodulan terhadap kekuatan tarik TWADI	63
Gambar 4.13	Pengaruh diameter nodul rata-rata terhadap kekuatan tarik	64
Gambar 4.14	Pengaruh jumlah nodul terhadap elongasi pada TWADI	65
Gambar 4.15	Pengaruh kenodulan terhadap elongasi TWADI	66
Gambar 4.16	Pengaruh diameter nodul rata-rata terhadap elongasi TWADI	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persyaratan komposisi besi tuang nodular agar bisa dijadikan ADI	6
Tabel 2.2	Mikrostruktur dan kekuatan tarik berbagai macam besi ulet	10
Tabel 2.3	Standard ADI untuk Eropa (EN 1564)	12
Tabel 2.4	Standard ADI berdasarkan ASTM A897/A897M-03	12
Tabel 2.5	Hasil pengujian material yang telah digunakan sebagai <i>crankshaft</i>	13
Table 2.6	Perbandingan sifat mekanis baja, BTN pearlitik dan ADI grade 150/100/7	21
Tabel 3.1	Bahan baku logam cair	33
Tabel 4.1	Komposisi kimia TWADI dan tandard persyaratan komposisi kimia	46
Tabel 4.2	Data jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata sampel	55
Tabel 4.3	Data jumlah nodul, kenodulan, diameter nodul rata-rata dan kekuatan tarik tiap sampel TWADI	60

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Struktur Mikro TWDI dan TWADI
- Lampiran 2 Ketebalan Aktual Pelat
- Lampiran 3 Data Hasil Perhitungan Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWDI dengan software NIS-Elements
- Lampiran 4 Data Hasil Perhitungan Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWADI dengan Software NIS-Elements
- Lampiran 5 Data Pengujian Kekerasan dan Kekuatan Tarik
- Lampiran 6 Diagram Fasa dan Diagram CCT dari Fe-C-Si
- Lampiran 7 Standard ASTM A 536-84
- Lampiran 8 Standard ASTM A 987/A 897M-02
- Lampiran 9 Standard JIS G 5503
- Lampiran 10 Standard JIS Z 2241
- Lampiran 11 Standard JIS Z 2243
- Lampiran 12 Standard JIS Z 2245

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isu global mengenai penghematan energi turut mendorong manusia untuk berusaha mengurangi berat komponen otomotif, apabila komponen otomotif semakin ringan maka kebutuhan energi untuk mengoperasikan mesin tersebut pun akan berkurang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap pengurangan berat komponen otomotif sebanyak 113,6 kg akan menghemat bahan bakar sebesar 0,425 km/liter^[1]. Sejak muncul isu terkait penghematan energi, aluminium menjadi material yang banyak digunakan untuk membuat komponen otomotif. Kini di samping aluminium telah mulai dikembangkan pula material yang ringan dan mempunyai kekuatan yang lebih baik, yaitu *austempered ductile iron* (ADI). ADI merupakan logam yang berasal dari besi tuang nodular (*ductile iron*) yang diberikan perlakuan panas berupa proses austempering.

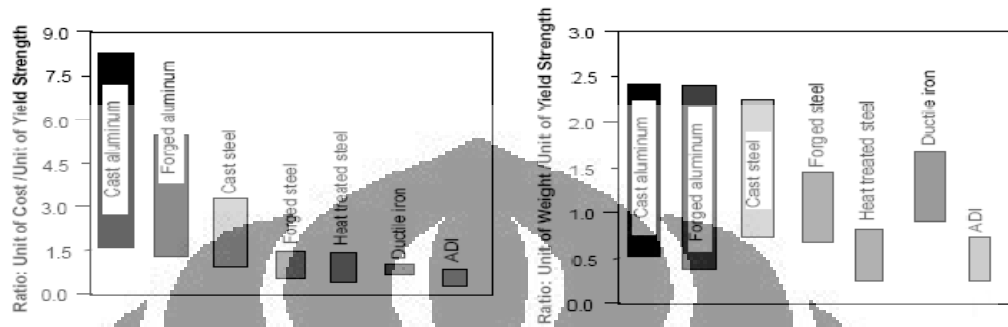
Tahun 1984 merupakan pertama kalinya didirikan industri pembuatan ADI di Michigan^[2], hingga saat ini penggunaan ADI semakin meningkat di berbagai bidang. Gambar 1.1 di bawah ini menunjukkan penggunaan ADI pada tahun 2004.



Gambar 1.1. Penggunaan ADI di berbagai bidang pada tahun 2004^[2].

Pada tahun 2005 jumlah produksi ADI di dunia mencapai 150.000 ton, sedangkan pada akhir tahun 2010 diperkirakan akan mencapai 300.000 ton per tahun^[3]. Terjadinya peningkatan penggunaan ADI terutama karena material ini memiliki kombinasi yang sangat baik dari ekonomi maupun dari segi sifat-sifat mekanis (gambar 1.2a dan b). ADI dapat diproduksi dengan biaya 20% lebih rendah dari baja tempa dan hampir setengah dari biaya produksi aluminium^[2].

Gambar 1.2a menunjukkan rasio antara berat terhadap *yield strength* dari beberapa material. Gambar 1.2b menunjukkan perbandingan antara biaya produksi dari beberapa material yang dilihat berdasarkan rasio antara biaya produksi terhadap *yield strength*. Seiring dengan kemajuan teknologi, saat ini telah dikembangkan ADI dinding tipis (*thin wall Austempered Ductile Iron - TWADI*).



Gambar 1.2 (a) Biaya relatif terhadap unit *yield strength* beberapa material. (b) Berat relatif terhadap unit *yield strength*.^[4]

Oleh karena besarnya potensi penggunaan ADI di masa mendatang, maka sangat perlu untuk memberikan perhatian kepada industri pengecoran besi tuang sehingga Indonesia juga bisa menjadi produsen ADI. Berangkat dari hal tersebut, akan dilakukan penelitian mengenai pembuatan pelat tipis ADI melalui proses pengecoran pelat tipis besi tuang nodular kemudian dilanjutkan dengan proses austempering sehingga diperoleh pelat tipis besi ulet austemper. Proses pengecoran pelat tipis adalah pengecoran dengan ketebalan kurang dari 5 mm^[5]. Ketebalan pelat ADI tertipis yang sudah dapat dicapai pada penelitian adalah 2 mm^[6].

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini akan dilakukan proses pengecoran pelat besi tuang nodular tipe FCD 450 dengan ketebalan 1 mm sebanyak 5 buah pelat yang disusun secara vertikal kemudian dilanjutkan dengan proses austempering untuk mendapatkan pelat tipis ADI (*thin wall austempered ductile iron – TWADI*). Untuk dapat dijadikan ADI, besi tuang nodular harus memenuhi persyaratan sebagai berikut : kenodulan >90% atau >80% (untuk nodul grafit tipe I dan II), jumlah nodul >100/mm², memiliki matriks ferrite/pearlite dengan perbandingan yang konsisten, kandungan karbida dan inklusi pada level minimum serta memiliki komposisi kimia yang konsisten^[3].

Perbedaan posisi pengecoran dinding tipis akan mempengaruhi sifat-sifat mekanis logam yang akan dihasilkan. Hal ini terjadi karena setiap logam cair yang mengisi rongga cetakan akan mengalami perbedaan kecepatan pendinginan sehingga masing-masing coran akan memiliki jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul yang berbeda pula. Pengontrolan terhadap jumlah nodul dan kenodulan dapat dilakukan dengan *liquid treatment*, yaitu inokulasi dan nodularisasi.

Proses austempering terhadap besi tuang nodular dilakukan untuk mendapatkan ADI. Proses ini terdiri atas austenisasi pada temperatur antara 815-930°C kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quench*) ke temperatur antara 230-400°C^[9]. Proses austempering akan mengubah matriks ferrite dan/atau pearlite pada besi tuang nodular menjadi ausferrite sedangkan sifat-sifat nodul pada ADI tidak berubah^[36].

Pada besi tuang nodular, bentuk nodul grafit sangat menentukan sifat-sifatnya yang mana nodul grafit tersebut berfungsi untuk mencegah perambatan retak (*crack-arrester*), memberikan keuletan dan ketangguhan yang sangat tinggi. Kenodulan grafit berperan penting terhadap sifat-sifat besi tuang nodular. Morfologi grafit yang tidak berbentuk bulat (*non-spherical*) akan menurunkan kenodulan dan berpengaruh pada kekuatan luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*) besi tuang nodular^[11]. Berangkat dari hal tersebut, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jumlah, bentuk dan ukuran nodul grafit di dalam TWADI.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui lebih jauh mengenai struktur mikro, kekerasan, kekuatan tarik dan elongasi TWADI yang diperoleh melalui austempering.
2. Mengetahui pengaruh jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata terhadap sifat-sifat mekanis TWADI.
3. Mengetahui jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata yang optimum pada TWADI dengan ketebalan 1 mm untuk mendapatkan kombinasi sifat-sifat mekanis yang baik.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan adalah identifikasi pengaruh jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata pelat tipis besi nodular austemper (*thin wall austempered ductile iron – TWADI*) terhadap sifat-sifat kekuatan tarik, kekuatan luluh, elongasi dan kekerasan material tersebut. Sampel yang digunakan adalah besi tuang nodular dinding tipis (*thin wall ductile iron – TWDI*) tipe FCD 450 dengan ketebalan 1 mm. Pembuatan TWDI tersebut dilakukan dengan metode pengecoran vertikal (*soundness casting*), yaitu 5 buah cetakan pelat dengan ketebalan 1 mm disusun secara. Dari hasil pengecoran ini akan dilakukan proses austempering terhadap TWDI tersebut dengan temperatur austenisasi pada 960°C selama 30 menit dan temperatur austempering 350°C selama 10 menit. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan hubungan antara jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata terhadap sifat-sifat mekanis dari pelat-pelat tersebut. Pengujian yang dilakukan meliputi :

1. Pengamatan struktur mikro untuk mengidentifikasi matriks TWADI yang dihasilkan kemudian akan dilakukan pengamatan lebih lanjut, meliputi: penghitungan jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata.
2. Pengujian sifat-sifat mekanis TWADI yang meliputi uji tarik dan uji kekerasan.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Besi Ulet Nodular Dinding Tipis (*Thin Wall Ductile Iron*)

Sejak para ilmuwan berhasil membuat besi tuang nodular dalam bentuk yang tipis (*thin wall ductile iron* – TWDI) dengan ketebalan kurang dari 5 mm, penggunaan besi tuang di industri otomotif kembali bersaing dengan aluminium. Namun potensi penggunaan besi tuang nodular untuk komponen otomotif yang ringant tersebut terganggu oleh pembentukan karbida pada proses pengecoran pelat tipis besi tuang nodular, terutama pada TWDI dengan ketebalan 2-3 mm, namun dengan adanya pengembangan yang telah dilakukan terkait dengan proses inokulasi, pembuatan TWDI yang bersih dari karbida bisa dilakukan sehingga bisa diperoleh TWADI dengan kualitas yang baik^[6]. Penelitian dan pengembangan TWDI yang telah dilakukan saat ini sampai pada pengaruh minimum ketebalan pelat 2 mm.

Pembuatan TWDI masih menjadi perhatian bagi industri pengecoran modern, faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan TWDI yaitu temperatur penuangan (*pouring temperature*), komposisi kimia (*chemical composition*), konduktivitas termal cetakan (*thermal conductivity of the molding materials*), jenis dan jumlah inokulan (*type and amount of inoculating material in combination with the spheroidizing method adopted*), disain cetakan (*casting design*) dan faktor-faktor pada proses pengecoran lainnya^[6].

2.2 Besi Ulet Austemper Dinding Tipis (*Thin Wall Austempered Ductile Iron*)

Apabila TWDI diberikan perlakuan panas berupa austempering, diperoleh TWADI (*thin wall austempered ductile iron*) yang mana merupakan material dengan sifat-sifat jauh lebih baik daripada aluminium dan baja dalam hal kombinasi antara kekuatan (*strength*), keuletan (*ductility*), kekakuan (*stiffness*), penyerapan energi (*vibration damping capacity*) dan biaya produksi (*reduced cost*). Untuk mendapatkan ADI dengan kualitas yang baik, besi tuang nodular yang diaustemper harus bebas dari cacat akibat proses pengecoran (*casting defect*)

dan karbida. Selain itu besi tuang nodular tersebut juga harus memiliki komposisi kimia, kenodulan (*nodularity*) dan jumlah nodul (*nodule count*) yang memenuhi persyaratan.

Kehadiran karbida dapat menurunkan kemampuan permesinan (*machinability*) produk cor dan sifat-sifat mekanis. Faktor-faktor yang mempengaruhi ADI untuk komponen tipis dan memiliki kekuatan yang tinggi adalah^[10]:

a. Komposisi kimia

Untuk mendapatkan TWDI yang baik, proses pengecoran harus dilakukan dengan material yang memiliki *castability* yang besar. Oleh karena itu disarankan untuk menggunakan besi tuang hipereutektik (CE: 4,4 – 4,6%). Kandungan Si juga tidak boleh terlalu banyak karena dapat menurunkan keuletan (*ductility*). Kandungan unsur-unsur paduan lainnya juga harus sedikit karena dapat mempengaruhi nodularisasi dan inokulasi. Tabel 2.1 di bawah ini merupakan persyaratan komposisi besi tuang nodular agar bisa dijadikan ADI.

Tabel 2.1 Persyaratan komposisi besi tuang nodular agar bisa dijadikan ADI^[33-37]

No.	Unsur	% Standard
1	C	3,6 – 3,8
2	Si	2,4 – 2,8
3	Mn	max. 0,3
4	P	max. 0,03
5	S	max. 0,002
6	Cu	max. 0,8
7	Cr	0,03 – 0,07
8	Ni	max. 1,5
9	Mg	max. 0,3

b. Pembuatan cetakan dan proses pengecoran (*molding and casting*)

Disain cetakan dan prosedur pengecoran juga sangat berpengaruh pada pembuatan TWDI. Toleransi terhadap perubahan dimensi produk pengecoran cukup besar sehingga cetakan harus dibuat dengan teliti. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan selama proses pembuatan TWDI

yaitu disain cetakan, *preheating* cetakan, penggunaan *heater*, filter dan pelapisan permukaan cetakan sehingga permukaan TWDI akan baik.

- c. Struktur pembekuan (*solidification structure*), segregasi mikro dan karbida
Struktur pembekuan juga berpengaruh pada TWDI, penelitian menunjukkan bahwa daerah yang terakhir membeku (*last to freeze – LTF*) logam cair adalah pada daerah *intra-dendritic liquid*. Dengan meningkatnya laju pembekuan maka penyebaran LTF pun akan semakin seragam namun laju pembekuan yang sangat cepat pun akan menyebabkan terbentuknya karbida yang mana akan menurunkan keuletan (*ductility*), ketangguhan (*toughness*) dan kemampuan permesinan (*machinability*).

- d. Kinetika transformasi padatan (*solid state transformation kinetic*), sifat-sifat dan struktur mikro akhir

Peningkatan jumlah nodul akan menyebabkan meningkatnya luas area antarmuka antara grafit dengan matriks. Antarmuka grafit-matriks merupakan tempat terjadinya nukleasi heterogen sehingga dapat meningkatkan laju transformasi fasa yang melibatkan *solid-state nucleation*, misalnya pengendapan austenite selama austenisasi dan pengendapan ferrite selama austempering. Adanya jumlah nodul yang besar akan menurunkan jarak difusi karbon dari matriks ke nodul. Peningkatan laju nukleasi heterogen dan jarak difusi yang pendek akan meningkatkan laju *solid-state transformation*. Pada proses austempering TWDI sangat diharapkan adanya kinetika transformasi yang cepat dan segregasi mikro yang kecil pada matriks sehingga dapat menghilangkan austenite sisa pada LTF dan menghasilkan mikrostruktur yang halus dan homogen sehingga sifat-sifat mekanis yang diperoleh juga akan lebih baik.

2.3 Jumlah Nodul dan Kenodulan

Jumlah nodul (*nodule count*) didefinisikan sebagai jumlah nodul grafit per milimeter persegi (nodul/mm^2). Jumlah nodul mempengaruhi sifat-sifat mekanis dari besi tuang nodular, meskipun tidak signifikan pengaruh dari bentuk grafit. Secara umum, semakin tinggi jumlah nodul maka sifat-sifat mekanis akan semakin baik namun terdapat rentang jumlah nodul untuk mendapatkan sifat-sifat mekanis yang optimum. Jumlah nodul secara langsung tidak berpengaruh

terhadap sifat-sifat kekuatan tarik, namun berpengaruh terhadap mikrostruktur besi tuang nodular yang mana berperan penting terhadap sifat-sifat material seperti berikut ini^[11]:

- Jumlah nodul mempengaruhi kandungan pearlite pada besi tuang nodular. Semakin tinggi jumlah nodul, kandungan pearlite akan berkurang, kekuatan dan elongasi menurun.
- Jumlah nodul mempengaruhi kandungan karbida. Semakin tinggi jumlah nodul akan meningkatkan kekuatan tarik, keuletan dan kemampuan permesinan.
- Jumlah nodul mempengaruhi homogenitas matriks. Semakin tinggi jumlah nodul akan menghasilkan struktur mikro yang lebih halus dan homogen, jumlah nodul akan mengurangi segregasi unsur-unsur yang berbahaya yang dapat membentuk karbida interselular, pearlite atau rusaknya grafit.

Jumlah nodul mempengaruhi bentuk dan ukuran grafit. Semakin tinggi jumlah nodul maka ukuran nodul akan berkurang yang mana dapat meningkatkan sifat-sifat seperti kekuatan tarik, ketahanan fatik dan patah. Selain untuk meningkatkan jumlah nodul, inokulasi juga dilakukan untuk membuat nodul menjadi lebih bulat sehingga semakin tinggi jumlah nodul juga akan meningkatkan kenodulan^[11].

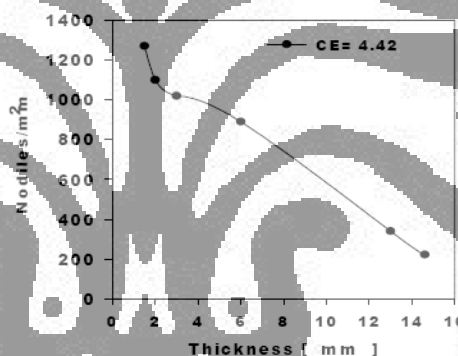
Pada pengecoran besi tuang, pengurangan ketebalan akan mengakibatkan peningkatan jumlah nodul, kenodulan dan kandungan pearlite sedangkan ukuran nodul akan mengalami penurunan^[7] karena adanya rasio yang tinggi antara luas permukaan terhadap volum sehingga pendinginan logam cair terjadi secara cepat. Besi tuang nodular bisa menghasilkan jumlah nodul antara 260-1700 nodul/mm².

Perbedaan jumlah nodul bisa dilihat jika membandingkan antara pengecoran biasa dengan pengecoran dinding tipis (*thin wall casting <4mm*). Peningkatan laju nukleasi berhubungan dengan laju pendinginan yang lebih tinggi, hal tersebut akan menurunkan ukuran butir dan menghasilkan perubahan pada profil segregasi^[12].

Agar dapat dijadikan ADI, besi tuang nodular harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut^[3]:

- kenodulan (*nodularity*) >90% atau >80% (untuk nodul tipe I dan II)^[35],
- jumlah nodul >100/mm²,
- memiliki matriks ferrite/pearlite dengan perbandingan yang konsisten,
- kandungan karbida dan inklusi pada level minimum, dan
- memiliki komposisi kimia yang konsisten.

Oleh karena TWDI merupakan benda yang tipis maka laju pembekuannya tinggi sehingga jumlah nodul pun akan meningkat. Gambar 2.1 menunjukkan variasi antara ketebalan besi tuang nodular terhadap jumlah nodul yang terbentuk. Jumlah nodul besi tuang nodular dengan tebal 3 mm mencapai 1000 nodul/mm² sedangkan besi tuang nodular dengan tebal 25 mm hanya memiliki 100-200 nodul/mm².



Gambar 2.1. Pengaruh ketebalan pelat besi tuang nodular terhadap jumlah nodul^[10].

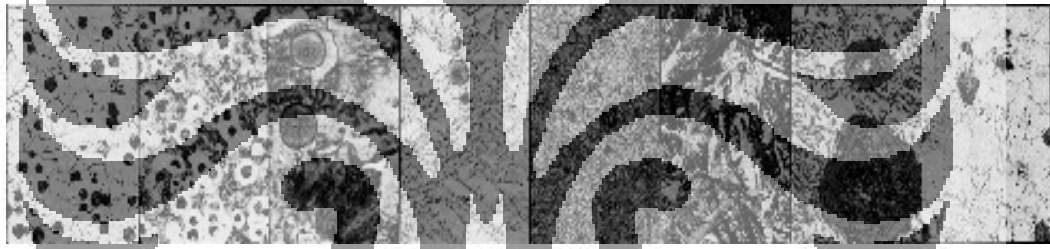
Pada besi tuang nodular, bentuk nodul grafit sangat menentukan sifat-sifatnya yang mana nodul grafit tersebut berfungsi untuk mencegah perambatan retak (*crack-arrester*), memberikan keuletan dan ketangguhan yang sangat tinggi. Tabel 2.2 menunjukkan bahwa nodul grafit yang tersebar di dalam matriks berperan penting terhadap sifat-sifat mekanis besi tuang.

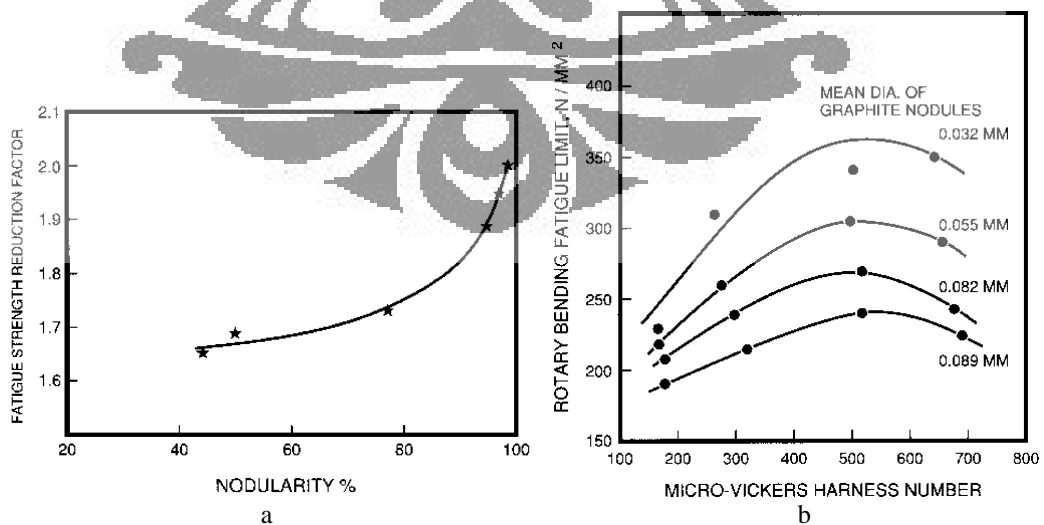
Kenodulan grafit berperan penting terhadap sifat-sifat besi tuang nodular. Morfologi grafit yang tidak berbentuk bulat (*non-spherical*) akan menurunkan kenodulan dan berpengaruh pada kekuatan luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*) besi tuang nodular.

Besi tuang nodular tanpa takik (*un-notched*) mengalami peningkatan batas fatik seiring dengan meningkatnya kenodulan. Bentuk grafit yang tidak bulat (*non-spherical graphite*) menjadi inisiasi kegagalan fatik (*fatigue failure*) pada besi tuang nodular tanpa takik sedangkan pada besi tuang nodular dengan takik (*notched*) inisiasi retak terjadi pada takik^[11].

Pengaruh kenodulan terhadap kekuatan fatik ditunjukkan pada gambar 2.2a. Gambar 2.2b menunjukkan pengaruh ukuran nodul terhadap batas fatik pada besi tuang nodular. Kekuatan fatik akan meningkat seiring dengan menurunnya ukuran nodul.

Tabel 2.2. Mikrostruktur dan kekuatan tarik berbagai macam besi ulet^[11].

Matrix							
Ferritic Grade 5	Ferritic-pearlitic Grade 3	Pearlitic Grade 1	Martensitic (With retained austenite)	Tempered Martensitic	ADI Grade 150	ADI Grade 230	Austenitic
60,000 p.s.i. (414 mPa)	80,000 p.s.i. (552 mPa)	100,000 p.s.i. (690 mPa)	N.A.*	115,000 p.s.i. (793 mPa)	150,000 p.s.i. (1050 mPa)	230,000 p.s.i. (1600 mPa)	45,000 p.s.i. (310 mPa)
							
*Approximate ultimate tensile strength 87,000 p.s.i. (600 mPa) Hard, Brittle. (Note that the magnifications are different.)							



Gambar 2.2. (a) Pengaruh kenodulan terhadap fatigue strength reduction pada besi tuang nodular pearlitik. (b) Pengaruh ukuran nodul dan kekerasan matriks terhadap batas fatik besi tuang nodular^[11].

2.4 Penghitungan Jumlah Nodul dan Kenodulan

Perhitungan jumlah nodul dapat dilakukan dengan membandingkan foto mikrostruktur non-etsa dengan *Microstructure Rating Chart 1993* yang dikeluarkan oleh *American Foundry Society - AFS* dan *Graphite Rating in Ductile Iron Chart 1999* yang dikeluarkan oleh *Ductile Iron Society – DIS*. Berdasarkan pada ASTM A 247, kenodulan dapat ditentukan dengan cara membandingkan atau menghitung setiap jenis grafit yang ada dan dilaporkan dalam bentuk persen. Standar perhitungan kenodulan juga ditentukan dalam JIS G5502 1989 sebagai berikut:

$$\text{nodularity} = \frac{0n_1+0,3n_2+0,7n_3+0,9n_4+1n_5}{n_1+n_2+n_3+n_4+n_5} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan $n_1, n_2, n_3, n_4,$ dan n_5 adalah jenis grafit yang tercantum pada diagram klasifikasi bentuk dari grafit. Pada tahun 2001 perhitungan ini diubah menjadi hanya memperhitungkan tipe V dan tipe VI saja terhadap keseluruhan jumlah grafit yang ada dengan memperhatikan diameter dari nodul grafit. Dengan bantuan *image analysis* perhitungan nodularitas dikembangkan menjadi rumus 2.2 sebagai berikut :

$$\text{nodularity} = \frac{A_{cc}}{A_{cc}+A_{un.cc}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana :

Acc : area dari partikel yang memenuhi syarat untuk dihitung

Aun.cc : area dari partikel yang tidak memenuhi syarat untuk dihitung

Kriteria pemilihan dilakukan berdasarkan pada faktor bentuk (*shape factor*) yang terdiri atas:

1. Menurut *sphericity* (S)

$$S = \frac{4\pi \times A}{(\text{perimeter})^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Menurut *compactness* (C)

$$C = \frac{4\pi \times A}{(\text{conveksparameter})^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

Berdasarkan koversi, untuk dapat dihitung nilai $S > 0,65$ dan nilai $C > 0,7$ ^[13].

Perhitungan jumlah nodul dilakukan setelah ditentukan S, C dan diameter minimal nodul yang akan dihitung. Diameter minimal nodul yang akan dihitung adalah 5 μm .

2.5 Besi Ulet Austemper (*Austempered Ductile Iron*)

Austempered Ductile Iron (ADI) menawarkan keunggulan yang mampu menarik perhatian dunia industri yaitu kombinasi yang sangat baik dari segi biaya produksi (*low cost production*), fleksibilitas disain (*design flexibility*), kemampuan proses permesinan (*good machinability*), rasio yang tinggi antara kekuatan terhadap berat (*high strength-to-weight ratio*), ketangguhan (*good toughness*), ketahanan aus (*wear resistance*) dan ketahanan fatik (*fatigue resistance*)^[14]. Tabel 2.3 di bawah ini merupakan klasifikasi ADI.

Tabel 2.3a. Standard ADI untuk Eropa (EN 1564)^[2].

ADI Grade	Min. Tensile Strength (Mpa)	Min. Yield Strength (Mpa)	Elongation (%)	Hardness (BHN)
800	800	500	8	260-320
1000	1000	700	5	300-360
1200	1200	850	2	340-440
1400	1400	1100	1	380-480

Tabel 2.3b. Standard ADI berdasarkan ASTM A897/A897M-03^[2].

ADI Grade	Min. Tensile Strength		Min. Yield Strength		Elongation (%)	Impact Energy		Hardness (BHN)
	MPa	KSi	MPa	KSi		Joules	Ft-lb	
1	900	130	650	90	9	100	75	269-341
2	1050	150	750	110	7	80	60	302-375
3	1200	175	850	125	4	60	45	341-444
4	1400	200	1100	155	2	35	25	388-477
5	1600	230	1300	185	1	20	15	402-512

Di dunia industri otomotif, ADI semakin banyak digunakan untuk menggantikan material komponen-komponen otomotif yang sebelumnya. Salah satu perusahaan promotor yang melakukan hal ini adalah perusahaan bernama TVR. Pada awalnya, baja tempa dipilih sebagai material untuk *crankshaft* pada

kendaraan (gambar 2.3). Oleh karena biaya manufaktur baja tempa mahal, industri beralih kepada besi ulet (*ductile iron*) namun setelah diuji material tersebut mengalami kegagalan sehingga pada akhirnya ditemukan ADI sebagai material yang cocok untuk *crankshaft*. Sifat *internal damping* ADI juga membantu meningkatkan performa mesin dibandingkan dengan *crankshaft* yang terbuat dari baja ataupun *ductile iron*. Perbandingan sifat-sifat mekanis antara ketiga material yang telah digunakan Perusahaan TVR untuk membuat *crankshaft* tersebut ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Hasil pengujian material yang telah digunakan sebagai *crankshaft*, yaitu *steel*, *ductile iron*, *ADI*, dan *ASTM 897-90 Standard ADI Grade 1*^[15].

	Steel	Ductile Iron	ADI	ASTM ADI Grade 1
Yiled Strength (Mpa)	738	538	827	550
Tensil Strength (Mpa)	910	903	1083	850
Fatigue Strength (Mpa)	400	324	427	N/A
Impact Energy (Joule)	325	75	141	100
Elongation (%)	23.2	10.8	13.7	10
Hardness (BHN)	226-266	262-277	300	269-321



Gambar 2.3. (a) *Crankshaft* ADI untuk Tuscany Speed Six. (b) *Ford Mustang Cobra suspension arm*^[15].

2.5.1 Keunggulan Austempered Ductile Iron (ADI)

Keunggulan ADI dari sudut pandang ekonomi

Dari segi ekonomi, beberapa faktor yang membuat ADI dipilih oleh berbagai industri yaitu^[2]:

- a. Sifat mampu cor (*castability*) yang sangat baik

Pengecoran besi tuang nodular untuk membuat produk dengan bentuk yang rumit. Pengecoran besi tuang nodular memiliki tingkat *yield* yang sangat tinggi, artinya perbandingan antara logam cair yang dituangkan terhadap logam yang diperlukan untuk membuat produk akhir yang diinginkan sangat kecil (*less starting material and less metal removal*) sehingga dapat dikatakan bahwa logam yang terbuang pada proses pengecoran besi tuang nodular sangat sedikit.

b. Biaya permesinan ADI lebih murah

Proses permesinan ADI akan menghasilkan potongan-potongan material yang diskontinyu sedangkan proses permesinan baja akan menghasilkan potongan-potongan material yang berbentuk gulungan kontinyu. Potongan-potongan yang diskontinyu tidak akan menyumbat proses permesinan karena mudah ditangani dan digunakan kembali (*recycle*).

c. Biaya perlakuan panas untuk membuat ADI lebih murah

Biaya untuk melakukan proses *austempering* lebih murah daripada proses karburisasi (*carburizing*) maupun proses pengerasan induksi (*induction hardening*).

d. Kebutuhan energi pembuatan ADI lebih rendah

Proses pembuatan ADI membutuhkan energi 50% lebih rendah daripada pembuatan baja cor dan 80% lebih rendah daripada pembuatan baja tempa.

e. Rasio antara biaya per unit kekuatan luluh dan biaya per unit berat yang tinggi

Dalam hal rasio antara biaya per unit kekuatan luluh (*ratio cost per unit of yield strength*), ADI merupakan material yang terbaik di antara besi tuang ulet, baja dan aluminium (gambar 1.2a). Dalam hal biaya produksi (*cost per unit weight*), ADI 20% lebih murah daripada biaya pembuatan baja dan 50% lebih murah daripada biaya pembuatan aluminium. Perbandingan antara berat terhadap unit kekuatan (*weight to unit of strength*) ADI mampu bersaing dengan baja (gambar 1.2b). Dengan ukuran yang sama, ADI 10% lebih ringan daripada baja. Sebuah perusahaan otomotif, Walter EMC, berhasil membuat sebuah truk dengan menggunakan ADI. Ternyata truk dengan material ADI tersebut 2% lebih ringan daripada truk yang sebelumnya menggunakan aluminium serta biaya

pembuatannya 30% lebih murah. Industri yang dikontrak oleh Ford, Bentler Corporation, menggunakan ADI sebagai *upper control arm* pada sistem suspensinya sehingga bisa meningkatkan performa Mustang Cobra Sport Car milik Ford melalui kombinasi antara pengurangan berat (menjadi sekitar 3 kg), pengurangan bising dan pengurangan biaya manufaktur komponen.

Keunggulan ADI dari sudut pandang sifat-sifat mekanis^[2]

a. Kemampuan permesinan yang baik (*good machinability*),

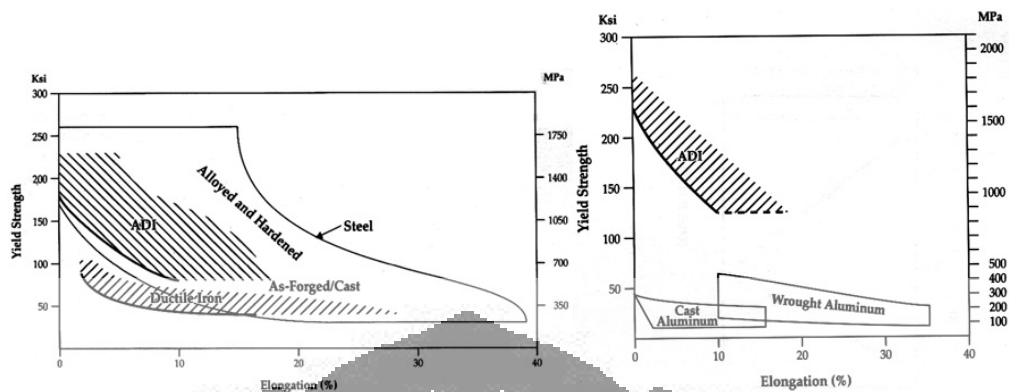
Berikut ini merupakan beberapa cara untuk melakukan permesinan terhadap ADI:

- Permesinan sebelum austempering: untuk menghindari kesulitan pada permesinan ADI, proses permesinan lebih baik dilakukan sebelum proses austempering.
- Permesinan sebelum dan setelah austempering: proses ini bisa digunakan apabila diinginkan produk dengan dimensi yang akurat dan penyelesaian permukaan yang tidak bisa dilakukan selama perlakuan panas. Cara ini membutuhkan jenis mesin yang lebih banyak namun tetap lebih efektif dalam hal biaya.
- Permesinan setelah perlakuan panas: proses ini dilakukan untuk mendapatkan dimensi produk akhir yang akurat dan penyelesaian permukaan yang diinginkan. ADI kelompok 1 dan 2 merupakan jenis *structural grade*, bisa dilakukan permesinan sedangkan ADI kelompok 4 dan 5 merupakan *jenis wear grade*, memiliki kekerasan yang tinggi dan tidak disarankan untuk dilakukan permesinan.

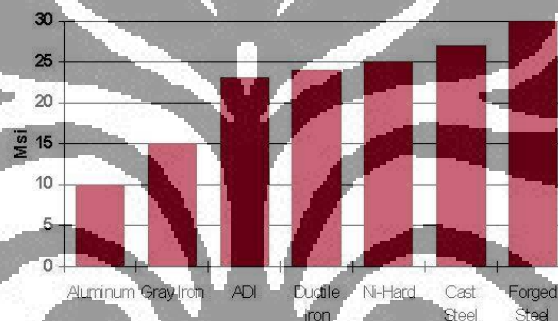
b. Kekuatan (*strength*)

Hampir 80% baja cor dan baja tempa dapat digantikan dengan beberapa jenis ADI dengan kekuatan yang sama (gambar 2.4a). Dibandingkan dengan aluminium, ADI 2,4 kali lebih berat dan 2,3 kali lebih kaku^[16]. Namun ADI memiliki *yield strength* lebih dari 3 kali nilai *yield strength* aluminium cor maupun aluminium tempa (gambar 2.4b) sehingga apabila kita membandingkan rasio antara berat terhadap *yield strength* (*weight per unit of yield strength*) dari ADI dengan aluminium maka ADI memiliki rasio yang

lebih besar (gambar 2.5). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa ADI lebih ringan daripada aluminium.



Gambar 2.4. (a) Perbandingan *yield strength* ADI terhadap BTN dan baja. (b) Perbandingan *yield strength* ADI dan aluminium [11].



Gambar 2.5. Perbandingan *Modulus Young* beberapa material [12].

c. *Fracture Toughness*

Para ahli menentukan bahwa material harus memiliki ketahanan terhadap perambatan retak halus (*microcrack*) yang dimiliki oleh semua material. Ketahanan ini disebut dengan *fracture toughness*. Dari gambar tersebut, ADI memiliki *fracture toughness* lebih besar daripada besi tuang nodular, bahkan pada ADI dengan kekuatan yang lebih rendah (*ductility* lebih tinggi) memiliki *fracture toughness* 2 kali lebih besar daripada besi tuang nodular pearlitik (*pearlitic ductile iron*). *Fracture toughness* ADI menurun seiring dengan bertambahnya kandungan Mn namun meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur asutempering dengan nilai maksimum pada temperatur antara 340-370°C^[11].

d. Kekerasan (*hardness*)

Proses austempering akan meningkatkan kekerasan pada ADI.

e. Ketahanan aus (*wear resistance*)

Ketahanan abrasi ADI melebihi kemampuan yang dimiliki besi dan baja. Tidak seperti *carburised steel* yang akan kehilangan ketahanan aus apabila lapisan hasil karburisasinya hilang karena penggunaan, ketahanan aus ADI justru akan meningkat pada saat digunakan karena ADI mengalami *strain-induced transformation*. Ketahanan aus ADI jauh lebih baik daripada baja sehingga dapat menggantikan baja untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan abrasi yang tinggi.

f. Kekuatan fatik (*fatigue strength*)

Sifat dinamik ADI melebihi baja tempa, baja cor dan baja paduan mikro. Tidak seperti aluminium, batas ketahanan (*endurance limit*) ADI hampir konstan setelah 10 juta siklus^[2].

g. Ketahanan impact (*impact strength*)

Proses austempering akan meningkatkan ketahanan impact, semakin tinggi temperatur austempering maka ketahanan impact ADI akan semakin tinggi. Hal tersebut terjadi karena adanya kandungan karbon yang lebih tinggi di dalam austenite. Namun seiring dengan pengurangan ketebalan ADI maka ketahanan impact akan menurun. Hal ini terjadi karena luas permukaan material yang semakin kecil sehingga besarnya energi impact yang diserap material pun akan semakin kecil^[7].

h. Sifat penyerapan energi suara (*noise dumping*)

Adanya grafit di dalam matriks ADI akan meningkatkan kemampuan penyerapan energi. Sifat penyerapan bunyi ADI lebih baik daripada aluminium (*a log decrement of 0.000526 for ADI vs 0.000150 for aluminium*). Dibandingkan dengan baja, komponen yang terbuat dari ADI akan lebih tenang.

2.5.2 Kekurangan ADI

Adapun keterbatasan ADI yang perlu diperhatikan yaitu:

- a. ADI memiliki sifat kemampulan (*weldability*) yang kurang baik.
- b. Hanya ADI yang tergolong memiliki kekerasan rendah yang dapat dilakukan permesinan setelah proses austempering sedangkan ADI yang tergolong memiliki kekerasan tinggi sebaiknya dilakukan permesinan sebelum proses

austempering. Perubahan dimensi material akibat proses austempering tidaklah signifikan.

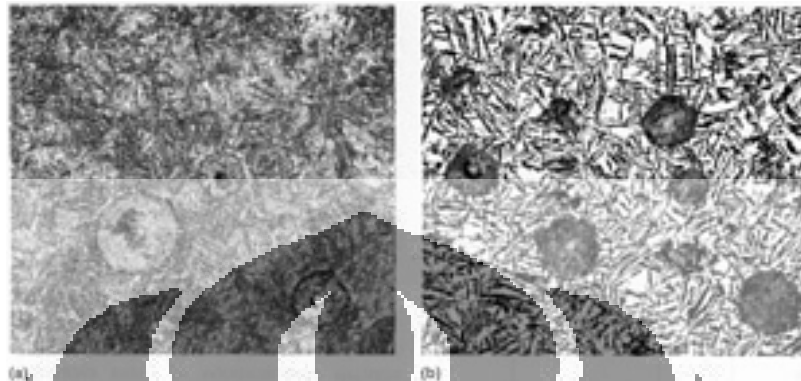
2.6 Struktur Mikro ADI

Secara umum sifat-sifat mekanis material termasuk besi tuang dan ADI ditentukan oleh mikrostrukturnya. Komponen mikrostruktur yang menentukan sifat-sifat besi tuang terdiri atas komposisi matriks, ukuran, distribusi, fraksi volum dan morfologi dari konstituen mikrostrukturalnya^[18]. Sifat-sifat unggul yang dimiliki ADI disebabkan oleh struktur matriks ADI yang unik, yaitu terdiri atas ferrite asikular (*acicular ferrite*) dan austenite stabil (*carbon stabilized austenite*) yang disebut *ausferrite*. Pada saat besi tuang nodular diberikan perlakuan *austempering*, terjadi nukleasi dan pertumbuhan *acicular ferrite* yang diikuti dengan difusi karbon menuju austenite. *Ausferrite* memiliki kekuatan dua kali lebih besar daripada besi tuang nodular dengan matriks pearlitik, ferritik maupun martensitik yang dihasilkan dari perlakuan panas biasa.

Fasa *austenite* pada ADI kaya akan karbon dan secara termodinamis bersifat stabil, hal inilah yang menyebabkan terjadi peningkatan sebagian besar sifat-sifat pada ADI. Fasa *austenite* pada ADI bisa mengalami *strain-induced transformation* ketika ADI diberikan tegangan secara lokal, misalnya pada proses permesinan, akan menghasilkan sejumlah martensite yang mana akan meningkatkan ketahanan aus permukaannya. Berbeda dengan austenite pada baja, austenite pada baja merupakan fasa metastabil yang sangat berbahaya karena fasa tersebut akan berubah menjadi fasa yang lain ketika digunakan pada temperatur tinggi. Pada besi tuang nodular, adanya 2-3 wt% Si akan mencegah pembentukan besi karbida (Fe_3C) yang cepat. Oleh karena itu karbon yang keluar selama pembentukan ferrite akan masuk ke matriks austenite sehingga austenite kaya akan karbon dan menjadi stabil secara termal dan martensite pun tidak terbentuk meskipun kecepatan pendinginan lebih lambat^[9].

Pada temperatur austempering yang lebih rendah (260°C) diperoleh struktur ausferrite yang halus, memiliki kekuatan tinggi dan tahan aus yang baik. Sedangkan pada temperatur austempering yang lebih tinggi (370°C) diperoleh struktur ausferrite yang lebih kasar, ketahanan fatik yang tinggi dan keuletan yang baik. Semakin tinggi temperatur austempering, difusi karbon akan semakin cepat

dan pertumbuhan ferrite asikular dan austenite akan semakin besar. Sebaliknya semakin rendah temperatur austempering, laju nukleasi akan semakin cepat sehingga diperoleh struktur ausferrite yang lebih halus^[7] (gambar 2.6).



Gambar 2.6. (a) ADI hasil austempering pada 260°C. Memiliki struktur asikular ferrite dengan sifat mekanis: *tensile strength*, 1585 Mpa (230 ksi); *yield strength*, 1380 MPa (200 ksi); *elongation*, 3%; *unnotched impact*, 54 J; *hardness*, 475 HB. (b) ADI hasil austempering pada 370°C. Memiliki struktur asikular ferrite yang lebih kasar dengan sifat mekanis: *tensile strength*, 1035 MPa (150 ksi); *yield strength*, 825 MPa (120 ksi); *elongation*, 11%; *unnotched impact*, 130 J; *hardness*, 321 keduanya dietsa dengan 3% nital. 300×.^[9]

2.7 Proses Austempering

Austempering merupakan suatu proses perlakuan panas pada lingkungan isothermal yang dilakukan pada material berbasis pada besi (*ferrous*) untuk meningkatkan kekuatan (*strength*) dan ketangguhan (*toughness*) material. Proses austempering juga bermanfaat untuk mencegah terjadinya distorsi^[9]. Proses austempering terdiri atas austenisasi pada temperatur antara 815-930°C^[3,12] kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quench*) ke temperatur antara 280-450°C^[7] sehingga material akan mengalami perubahan mikrostruktur.

Proses perlakuan panas biasa terdiri atas austenisasi kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quench*) ke dalam wadah berisi oli atau air hingga material mencapai temperatur kamar. Proses ini akan menghasilkan struktur kristalin yang disebut martensite. Martensite merupakan fasa yang sangat keras dan getas, oleh karena itu untuk meningkatkan kekuatan (*strength*) dan ketangguhan (*toughness*) material perlu dilakukan proses tempering. Biasanya proses tempering dilakukan lebih dari satu kali. Gambar 2.7 di bawah ini memberikan perbandingan skema proses austempering dengan proses perlakuan panas biasa. Dengan adanya penahanan (*holding*) yang diberikan pada material,

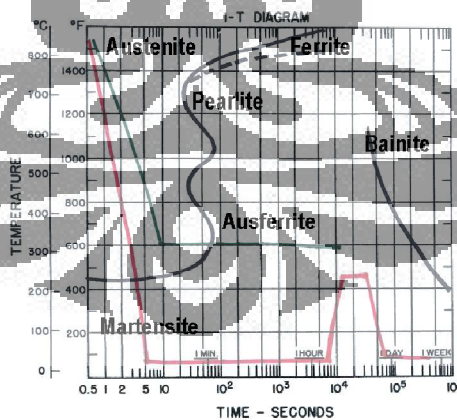
austempering memiliki keunggulan dalam hal kualitas dibandingkan dengan proses perlakuan panas biasa, yaitu dapat menghasilkan mikrostruktur yang lebih kuat dan tangguh perubahan dimensi lebih dapat dikontrol dan dapat menghindari terjadinya retak dan distorsi. Pada proses perlakuan panas biasa, laju pendinginan material terjadi secara tidak homogen sehingga dapat menyebabkan retak dan distorsi.

Pada proses austempering terjadi dua tahap reaksi transformasi, yaitu^[3] :

Reaksi tahap 1 : $\gamma_C \rightarrow \alpha + \gamma_{HC}$ (*toughening*) (2.5)

Reaksi tahap 2 : $\gamma_{HC} \rightarrow \alpha + \epsilon$ -carbide (*embrittlement*) (2.6)

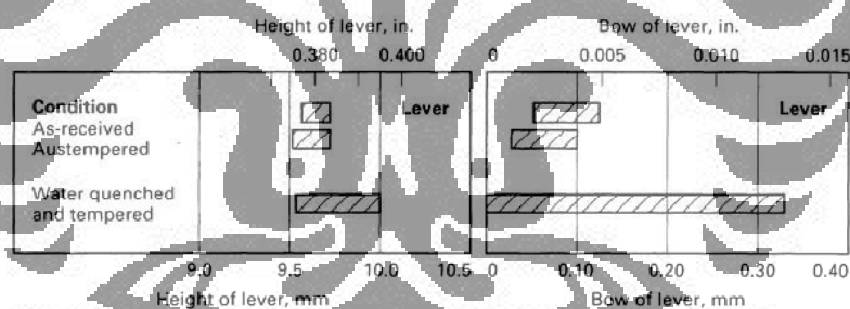
Setelah reaksi austempering tahap 1 terjadi secara sempurna, diperoleh struktur mikro ADI dengan matriks yang terdiri atas *acicular ferrite* (α) dan *carbon stabilized austenite* (γ_{HC}). Struktur mikro tersebut menghasilkan kekuatan yang tinggi dan keuletan yang baik. Apabila reaksi austempering tahap 2 dibiarkan terjadi, *carbon rich austenite* (γ_{HC}) akan terdekomposisi menjadi *ferrite* (α) dan karbida (ϵ -carbide) sehingga fraksi volum *carbon stabilized austenite* akan berkurang^[18,19]. Karbida akan menurunkan sifat-sifat mekanis ADI, sehingga pembentukan karbida harus dihindari. Reaksi austempering tahap 2 akan terjadi apabila waktu tahan austempering terlalu lama. Oleh karena itu waktu tahan austempering haruslah optimum.



Gambar 2.7. Diagram proses austempering (garis hijau) dan perlakuan panas biasa (garis merah)^[15].

Keunggulan proses austempering dibandingkan dengan proses perlakuan panas biasa antara lain^[9]:

- a. Didapatkan sifat-sifat mekanis yang lebih baik dalam hal keuletan (*ductility*) dan ketahanan impak.
- b. Mengurangi terjadinya retak dan distorsi pada material.
- c. Ketahanan aus (*wear resistance*) lebih baik dengan kekerasan yang sama.
- d. Ketahanan terhadap *subsequent embrittlement* lebih baik.
- e. Lebih hemat energi dan membutuhkan biaya yang murah.
- f. Perubahan dimensi material hasil proses austempering lebih sedikit dibandingkan dengan proses perlakuan panas biasa.
- g. Perubahan dimensi material hasil proses austempering lebih sedikit dibandingkan dengan proses perlakuan panas biasa. Dalam penelitian Martinez, perubahan dimensi *connecting rod* hasil austempering yang dilakukannya adalah -0.1% sehingga memungkinkan untuk dilakukan pemrosesan sebelum proses austempering^[10]. Gambar 2.8 di bawah ini merupakan perbandingan tingkat perubahan dimensi material hasil proses austempering dengan hasil proses perlakuan panas biasa.

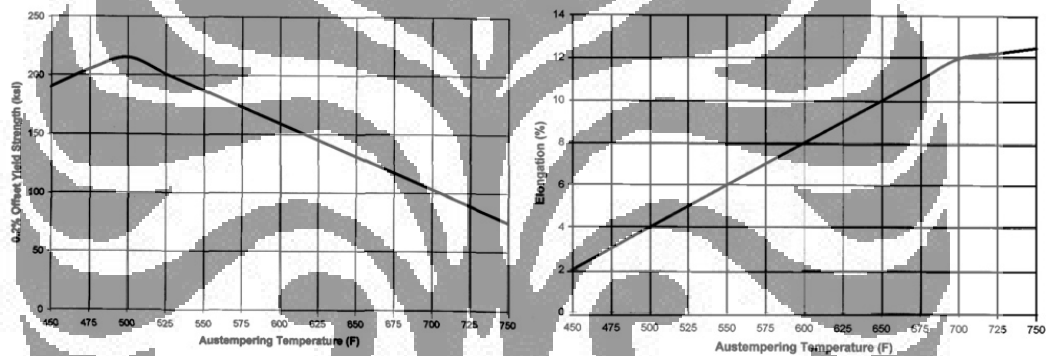


Gambar 2.8. Perbandingan perubahan dimensi material hasil proses austempering dengan proses perlakuan panas biasa^[7].

Standar proses austempering terdapat pada standar ASTM 897M dan EN156. Martinez menggunakan standard ASTM 897M 850-550-10 ADI untuk proses austempering pelat besi tuang nodular dengan ketebalan 3 mm^[10]. Parameter selama proses perlakuan panas sangat menentukan sifat-sifat ADI. Dengan pemilihan parameter proses perlakuan panas yang tepat, dapat diperoleh sifat-sifat mekanis yang baik. Parameter yang mempengaruhi proses austempering adalah:

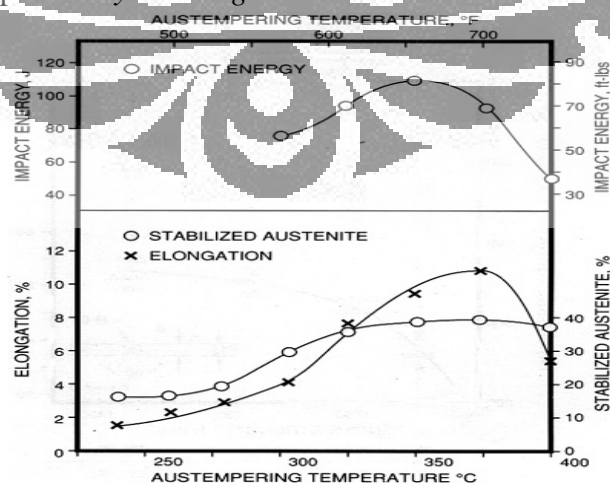
- a. Temperatur austenisasi. Temperatur austenisasi merupakan faktor yang sangat penting untuk dimulainya transformasi fasa menjadi austenite. Temperatur austenisasi yang terlalu rendah tidak memungkinkan seluruh fasa material menjadi austenite sehingga pengerasan tidak tercapai. Semakin tinggi temperatur austenisasi akan menggeser kurva TTT ke kanan sehingga proses austempering lebih mudah dilakukan. Sedangkan pada temperatur austenisasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya pengasaran butir sehingga sifat mekanis material menjadi buruk.
- b. Waktu tahan austenisasi
Bersama dengan temperatur austenisasi, waktu tahan austenisasi menentukan kesempurnaan transformasi fasa menjadi austenite dan kandungan karbon di dalam austenite. Apabila temperatur dan waktu tahan austenisasi terlalu rendah, pembentukan austenite menjadi tidak sempurna dan tidak dapat membuat austenite menjadi jenuh dengan karbon. Hal ini bisa mengakibatkan ausferrite menjadi tidak stabil bahkan bisa terjadi pembentukan martensite. Sebaliknya, apabila temperatur dan waktu tahan austenisasi terlalu tinggi akan menghasilkan butir-butir austenite yang terlalu besar dan mengakibatkan matriks mengandung karbon yang terlalu tinggi sehingga dapat memperlambat terjadinya reaksi austempering^[20].
- c. Waktu untuk memindahkan material dari dapur austenisasi menuju dapur tempering (*transfer time*). Pemindahan material dari dapur austenisasi menuju dapur tempering membutuhkan waktu (*transfer time*), sehingga temperatur semakin turun dan dimungkinkan terbentuk pearlit. *Transfer time* yang tepat akan menghasilkan ketangguhan, kekerasan dan struktur mikro yang diinginkan. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, memvariasikan *transfer time* pada 15 detik, 68 detik dan 120 detik. *Transfer time* berpengaruh terhadap ketangguhan material, yaitu semakin lama *transfer time* maka kekerasan dan ketahanan impak material semakin turun. Kekerasan dan ketahanan impak tertinggi di dapatkan pada *transfer time* 15 detik, sedangkan terendah didapatkan pada *transfer time* 120 detik. Pada *transfer time* 68 detik sudah terbentuk struktur pearlite^[21].

- d. Temperatur proses austempering. Temperatur proses austempering akan menentukan kualitas sifat-sifat mekanis yang akan dihasilkan. Batas toleransi temperatur proses austempering adalah $\pm 6^{\circ}\text{C}$ (10°F). Apabila proses austempering dilakukan di atas temperatur toleransi tersebut, tidak dapat diperoleh tingkat kekerasan yang diinginkan. Gambar 2.9 memberikan ilustrasi hubungan antara temperatur austempering dengan sifat kekuatan tarik ADI. Pada temperatur austempering yang tinggi (400°C), ADI memiliki keuletan (*ductility*) yang tinggi, kekuatan luluh (*yield strength*) hingga 500 MPa serta ketahanan fatik dan impak yang baik. Pada temperatur austempering yang rendah (260°C), ADI memiliki kekuatan luluh yang sangat tinggi yaitu hingga 1400 MPa, kekerasan tinggi, ketahanan aus dan ketahanan fatik yang sangat baik^[11].



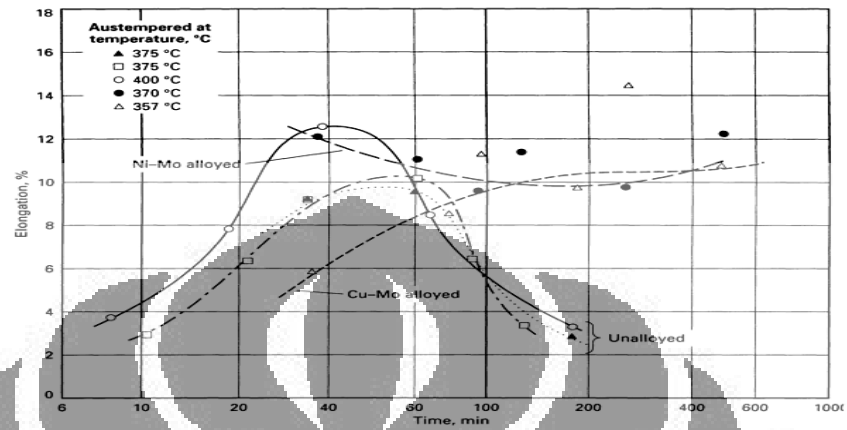
Gambar 2.9. Pengaruh temperatur austempering terhadap (a) *yield strength* dan (b) elongasi ADI^[11].

Gambar 2.10 menunjukkan hubungan antara fraksi volum *carbon stabilized austenite* terhadap *ductility* dan *toughness* ADI.



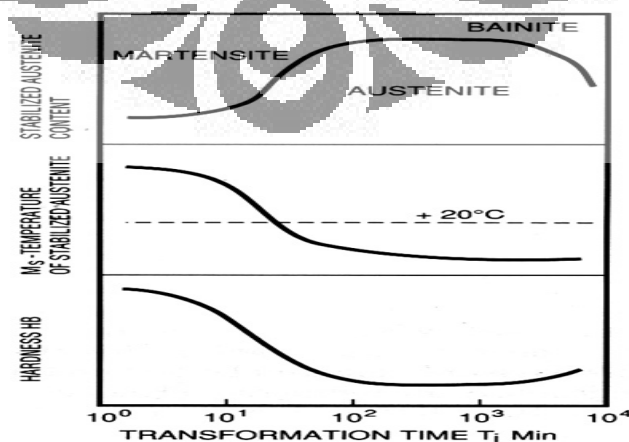
Gambar 2.10. Hubungan antara temperatur austempering, penyerapan energi impak, elongasi dan *stabilized austenite*^[11].

- e. Waktu penahanan di dalam dapur austempering (*holding time*). Material harus ditahan di dalam dapur austempering sampai terjadi transformasi fasa secara sempurna. Gambar 2.11 di bawah ini menunjukkan bahwa waktu tahan austempering sangat menentukan keuletan maksimum material.



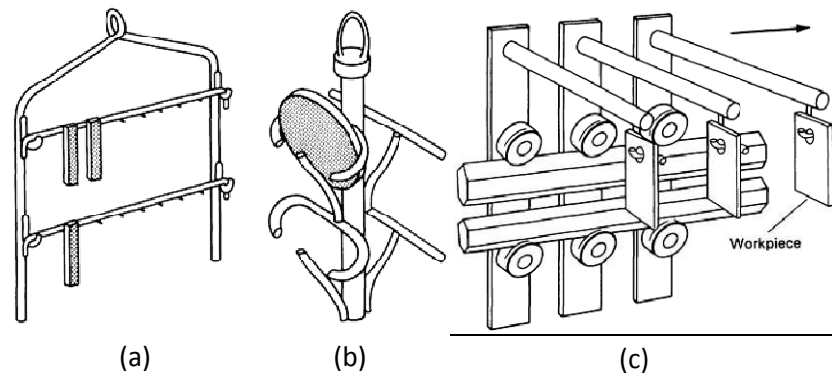
Gambar 2.11. Pengaruh waktu austempering terhadap elongasi beberapa jenis ADI^[9].

Pengaruh waktu austempering terhadap stabilitas ausferrite serta hubungan antara matriks dengan nilai kekerasannya diilustrasikan pada gambar 2.12. Apabila waktu austempering terlalu singkat, difusi karbon tidak cukup untuk menstabilkan austenite dan martensite bisa saja terbentuk selama pendinginan ke temperatur ruang (reaksi austempering tahap I tidak sempurna)^[20]. Mikrostruktur yang dihasilkan akan memiliki *hardness* tinggi namun *ductility* dan *fracture toughness* rendah. Apabila waktu austempering terlalu lama, ausferrite bisa mengalami dekomposisi menjadi ferrite dan karbida (*bainite*) dan memiliki *strength*, *ductility* dan *fracture toughness* yang lebih rendah.



Gambar 2.12. Pengaruh waktu tahan austempering terhadap jumlah *stabilized austenite* dan kekerasan ADI^[11].

- f. Kecepatan pengadukan media pendingin (*bath agitation*). Kecepatan pengadukan media pendingin menjadi faktor yang sangat penting karena hal tersebut berhubungan erat dengan kecepatan pendinginan. Kecepatan pendinginan material bisa 2 atau 3 kali lebih besar apabila untuk material berupa pelat tipis.
- g. Pemanasan awal (*preheating*). Kecepatan pemanasan harus dikontrol agar tidak menimbulkan gradien temperatur yang sangat curam antara bagian dalam dan permukaan material. Perbedaan temperatur antara bagian dalam dan permukaan material akibat rambatan panas akan menyebabkan perbedaan pemuaian volum material. Pemanasan awal (*preheating*) dilakukan pada temperatur sekitar 550-650°C untuk mengeliminasi distorsi yang mungkin timbul akibat pemanasan^[9].
- h. Ketebalan maksimum material untuk proses austempering. Agar diperoleh hasil austempering yang baik, ketebalan material harus diperhatikan. Pada umumnya ADI dibuat dengan ketebalan antara 10-100 mm^[10]. Pembuatan ADI dengan ketebalan yang lebih besar dari 100 mm sangat sulit dilakukan karena adanya segregasi unsur-unsur yang mempengaruhi kemampukerasan yang juga ditambahkan untuk mencegah pembentukan pearlite. Besi tuang nodular dengan ketebalan melebihi 100 mm akan memiliki kemampuan proses austemper (*austemperability*) yang buruk dan mikrostruktur yang heterogen, namun kedua masalah tersebut tidak terjadi dalam pembuatan TWDI karena ukurannya yang tipis membuat segregasi tidak terlalu signifikan. Namun demikian, ADI dengan ketebalan yang sangat tipis (kurang dari 4 mm) masih dalam tahap pengembangan. Hal tersebut karena sulitnya mendapatkan besi tuang tipis yang bebas dari karbida.
- i. Prosedur penempatan material. Prosedur penempatan material untuk proses austempering tidak berbeda dengan proses perlakuan panas lainnya. Biasanya material harus ditempatkan berjauhan, tidak boleh ditumpuk karena dapat mengakibatkan proses pendinginan yang tidak seragam. Biasanya material dimasukan ke dapur austempering dengan cara digantungkan pada rak atau diikat dengan menggunakan kawat. Untuk material yang berat, biasanya material dimasukkan ke dalam keranjang (gambar 2.13).



Gambar 2.13. (a) dan (b) contoh metode peletakan material pada rak, (c) metode peletakan material untuk proses kontinyu antara proses austenisasi dengan proses austempering^[9].

2.8 Media Proses Austempering

a. Lelehan garam (*salt bath*)

Salt bath yang terbaru telah dikembangkan dalam hal kualitas garam, pengurangan pencemaran lingkungan dan dalam hal penggunaan sehingga media ini menjadi lebih efisien dan ekonomis dari sebelumnya^[22].

Keunggulan penggunaan *salt bath* yang paling utama dalam perlakuan panas adalah dalam hal perlindungan permukaan material dan pengontrolan distorsi:

- Perlindungan permukaan (*surface protection*): material dimasukkan ke dalam larutan garam kemudian akan dilapisi oleh lapisan tipis garam (seperti kempompong/*cocoon*) sehingga dapat mencegah pembentukan oksida pada material. Selain itu, oleh karena lelehan garam tidak mengandung oksigen, karbon dioksida dan uap air maka material akan terbebas dari pembentukan kerak (*scale*).
- Pengontrolan distorsi (*control of distortion*): *salt bath* merupakan cara yang baik untuk meminimalisasi efek buruk akibat pemanasan maupun pendinginan yang tidak seragam yang mana dapat menyebabkan terjadinya distorsi. Tidak seperti dapur yang menggunakan atmosfer maupun vakum, material yang dimasukkan ke dalam lelehan garam ditahan oleh media pendingin tersebut sehingga dapat menghindari efek *buoyancy*, *sagging* atau *bending* pada material. Pemanasan oleh lelehan garam juga sangat seragam. Keseragaman temperatur pada lelehan garam adalah sekitar ± 3 °C.

b. **Garam nitrat-nitrit yang ditambahkan air (*Water Additions to Nitrate-Nitrite Salt*)**

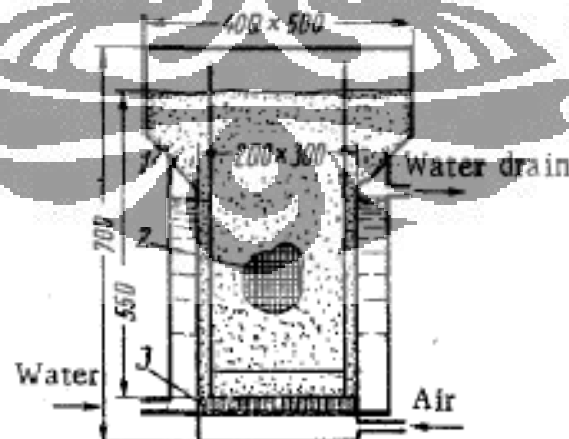
Kemampuan garam nitrat-nitrit sebagai media pendingin bisa ditingkatkan secara signifikan dengan penambahan sedikit air. Air yang ditambahkan ke dalam lelehan garam biasanya berupa uap yang mana dilakukan di agitator vortex. Penambahan air secara periodik dilakukan untuk menjaga kandungan air di dalam lelehan garam.

c. **Oli (*oil*)**

Kadang-kadang oli digunakan sebagai media pendingin pada proses austempering, tetapi karena oli bersifat tidak stabil dan akan mengalami perubahan viskositas pada temperatur austempering maka penggunaannya hanya untuk temperatur di bawah 245°C. Oli merupakan media pendingin yang lebih lambat dari lelehan garam karena memiliki tiga tahap pendinginan dan dapat menimbulkan api.

d. **Fluidized Bed**

Fluidized bed merupakan media pendingin baru yang memiliki koefisien transfer panas yang tinggi dalam proses perlakuan panas (200-1000 kcal/m².h.deg) sehingga dengan media pendingin tersebut pemanasan dan laju pendinginan dapat dikontrol dengan mudah. Gambar 2.14 di bawah ini merupakan skema dari fluidized bed.



Gambar 2.14. Skema fluidized bed: 1) fluidized bed, 2) keranjang kawat, 3) tempat distribusi udara^[23].

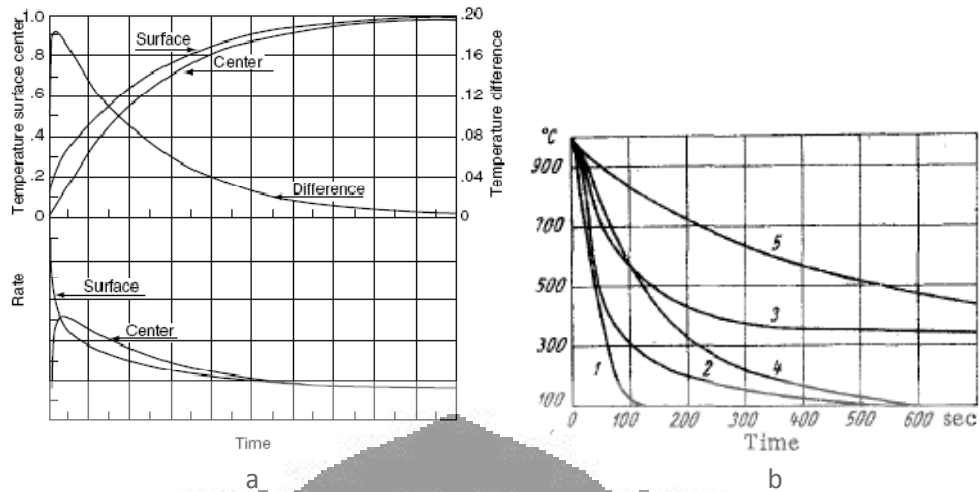
Perbedaan temperatur antara permukaan dengan bagian inti material akan menimbulkan tegangan internal material yang dapat menyebabkan distorsi dan

retak, oleh karena itu media pendingin merupakan parameter yang penting dalam proses perlakuan panas.

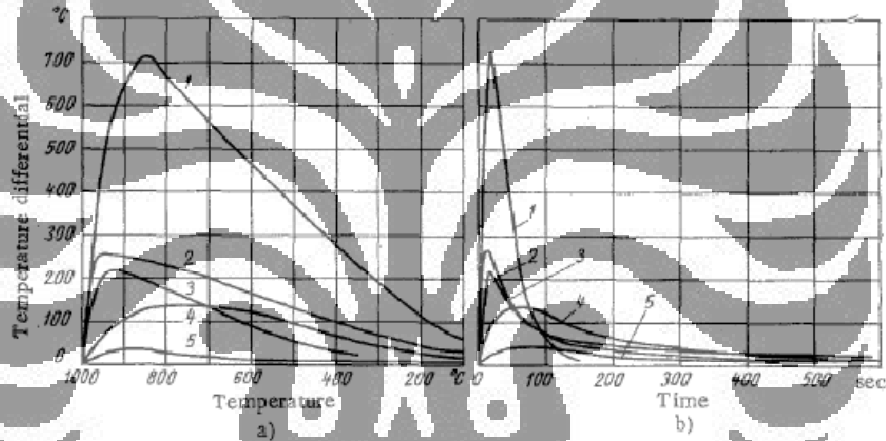
Fluidized bed menggunakan gas yang ditiupkan berupa udara atau nitrogen untuk menggerakkan partikel (aluminium oksida atau pasir silika) sehingga partikel tersebut bergerak seperti fluida yang mendidih. Partikel yang digunakan merupakan partikel inert (tidak bereaksi dengan material), memiliki temperatur lebur (T_m) yang tinggi namun memiliki kemampuan untuk meningkatkan transfer panas antara gas yang difluidisasi dengan material. Partikel yang biasa digunakan adalah aluminium oksida karena memiliki sifat yang sangat baik dalam hal kapasitas transfer panas, stabilitas termal dan keseragaman. Transfer panas yang optimum diperoleh dengan ukuran partikel 100 – 125 μm . Apabila ukuran partikel lebih kecil dari 100 μm , fluidisasi partikel menjadi tidak seragam. Sedangkan apabila ukuran partikel lebih besar dari 250 μm , penggunaan gas menjadi tidak ekonomis^[32]. Kecepatan transfer panas pada fluidized bed ditentukan oleh ukuran partikel, kecepatan fluidisasi gas, jenis gas yang difluidisasi dan temperatur fluidized bed. Gas yang ditiupkan ke dalam fluidized bed bisa berupa amonia, gas alam, nitrogen dan udara. Fluidized bed bisa menghasilkan produk perlakuan panas dengan kualitas yang sama dengan proses salt bath^[24].

Mekanisme perpindahan panas di dalam fluidized bed terjadi dengan seragam pada berbagai temperatur sebagaimana terjadi pada gas. Laju pendinginannya dapat direproduksi sehingga tidak berkurang seiring dengan lamanya waktu proses. Laju pemanasan dan pendinginan fluidized bed dapat diatur dengan mengubah kondisi operasi di dalam fluidized bed yang meliputi ukuran partikel dan volume aluminium oksida, kecepatan fluidisasi gas dan konduktivitas termal gas yang digunakan, biasanya digunakan gas nitrogen.

Dibandingkan dengan proses perlakuan panas/pendinginan lainnya, sensitivitas fluidized bed terhadap berat dan geometri material tidak terlalu besar karena adanya perilaku seperti gas pada fluidized bed sehingga seluruh material akan dapat dijangkau oleh partikel aluminium oksida dan kapasitas panas aluminium oksida tidak perlu terlalu tinggi karena panas ditransfer secara konduksi^[25].



Gambar 2.15. (a) Hubungan antara kenaikan temperatur dan laju pemanasan terhadap waktu^[26]. (b) Profil pendinginan pada bagian tengah sampel dengan beberapa media pendingin: 1) air, 2) oli, 3) salt bath (300°C), 4) fluidized bed dan 5) udara^[23].

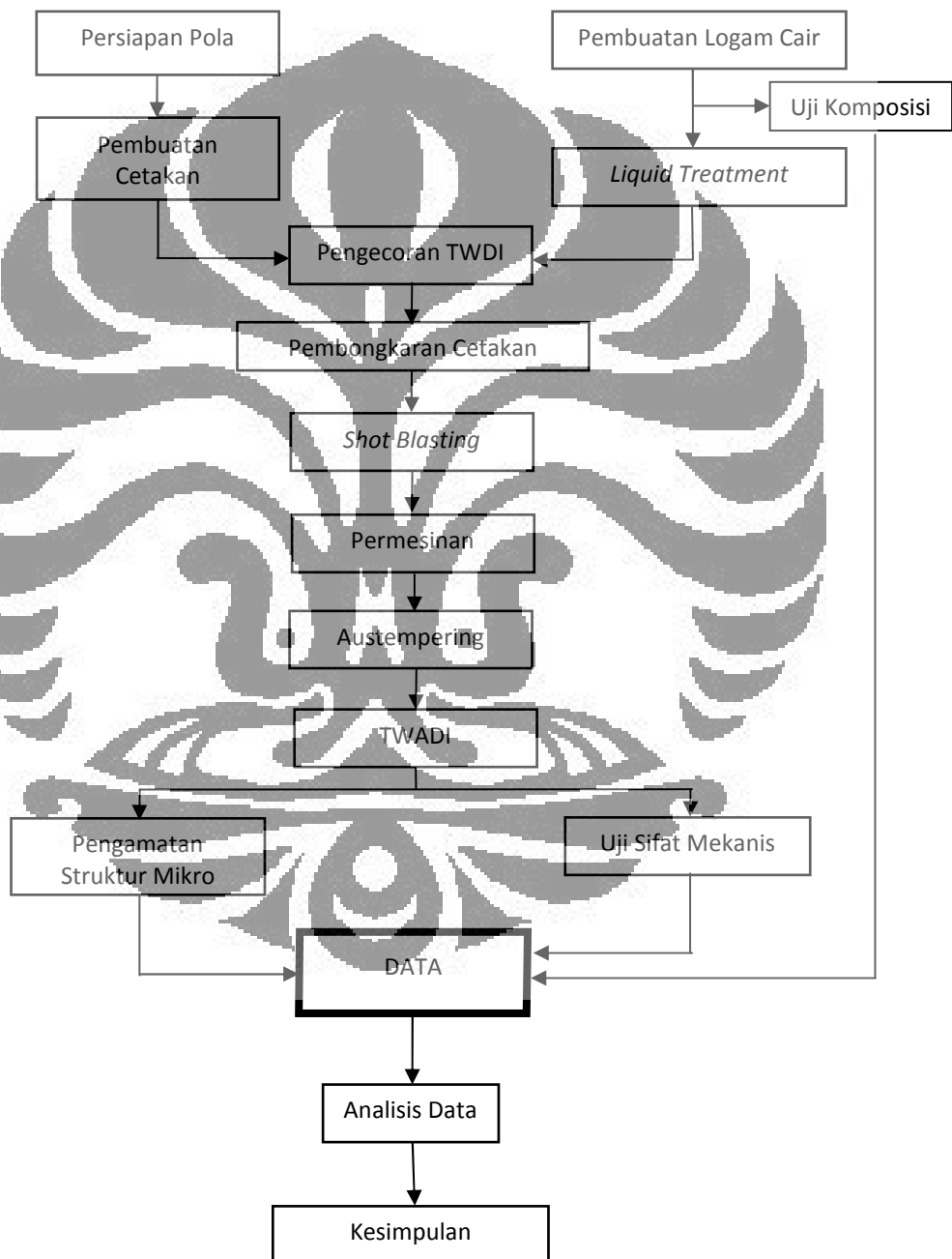


Gambar 2.16. Pengaruh media pendingin terhadap bagian dalam material: a) pengaruhnya terhadap perbedaan temperatur antara bagian permukaan dengan inti material; b) pengaruhnya terhadap lamanya pendinginan sampel. 1) air, 2) oli, 3) salt bath (300°C), 4) fluidized bed dan 5) udara^[23].

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Beberapa tahapan akan dilakukan pada penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir penelitian ini berikut :



Gambar 3.1. Diagram alir proses penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini digolongkan ke dalam tiga kelompok besar, yaitu alat untuk proses pengecoran, proses austempering dan pengujian.

3.2.1 Alat

3.2.1.1 Alat pada Proses Pengecoran

a. Alat Perbaikan Pola

Pola yang digunakan untuk pengecoran ini telah dibuat pada kegiatan penelitian yang sebelumnya, sehingga hanya dilakukan perbaikan pola saja. Secara umum alat yang digunakan pada proses ini antara lain mesin gergaji, jangka sorong, ampelas, pensil/pulpen, pelat 1 mm, mesin pemotong logam dan kikir.

b. Alat Pembuatan Cetakan

Alat yang digunakan untuk membuat cetakan yaitu:

1) Mesin pencampur pasir (*mixer*)

Mesin ini berguna untuk mencampur pasir dengan bahan-bahan aditif lainnya yang diperlukan.

2) Flask

Oleh karena karena pengecoran dilakukan dengan metode pengecoran vertikal, flask yang digunakan terdiri atas sepasang *cope* dan *drag* tipe excel.

3) Alat pengangkut

Alat pengangkut dengan sistem katrol digunakan untuk memindahkan flask dan cetakan karena ukurannya cukup besar dan berat.

c. Alat Pembuatan Logam Cair

Alat yang digunakan selama proses pembuatan logam cair terdiri atas:

1) Tungku peleburan

Tungku yang digunakan untuk melebur logam adalah jenis tungku induksi.

2) Spektrometer

Spektrometer merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi kimia logam cair.

3) *Thermocouple*

Thermocouple digunakan untuk mengukur temperatur logam cair.

d. Alat Penuangan Logam Cair

Alat yang digunakan selama proses penuangan logam cair terdiri atas:

1) Ladle

Ladle digunakan untuk mengangkat logam cair dari tungku peleburan hingga dilakukan penuangan ke dalam rongga cetakan.

2) *Thermocouple*

3) Alat pengangkut

e. Alat Pembongkaran Cetakan

1) Mesin pembongkar cetakan

Mesin pengguncang digunakan untuk merontokkan cetakan pasir sehingga produk cor bisa dipisahkan dari cetakan.

2) Mesin *shot blasting*

Logam cor yang baru dipisahkan dari cetakan kemudian ditembakkan dengan partikel bola-bola baja di dalam mesin *shot blasting*.

f. Alat Permesinan

Alat yang digunakan selama proses permesinan logam cor yaitu mesin gerinda.

3.2.1.2 Alat pada Proses Austempering

Alat yang digunakan selama proses austempering terdiri atas:

1) Alat pengangkut

2) Tungku *preheating*

Tungku *preheating* digunakan untuk memberikan pemanasan awal pada logam.

3) Tungku austenisasi

Tungku austenisasi digunakan untuk membuat fasa pada logam bertransformasi menjadi austenite.

4) Tungku austempering

Tungku austempering digunakan untuk membuat fasa austenite pada logam bertransformasi menjadi ausferrite. Tungku yang digunakan untuk

proses *preheating*, austenisasi dan austempering merupakan tipe fluidized bed.

3.2.1.3 Alat pada Proses Pengujian

Alat yang digunakan selama proses pengujian terdiri atas:

a. Pengujian struktur mikro

Alat yang digunakan untuk pengujian struktur mikro yaitu gergaji besi, alat mounting, amplas, alat poles, alat etsa dan mikroskop optik.

b. Pengujian kekerasan

Alat yang digunakan untuk pengujian pengujian kekerasan yaitu gergaji besi, amplas dan mesin uji keras Rockwell B.

c. Pengujian tarik

Alat yang digunakan untuk pengujian tarik yaitu mesin bubut, jangka sorong dan mesin uji tarik.

3.2.2 Bahan Baku

3.2.2.1 Bahan Baku Proses Pengecoran Logam

a. Bahan baku logam cair

Bahan baku yang digunakan untuk membuat logam cair ditunjukkan pada tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel 3.1. Bahan baku logam cair^[34].

No.	Material	Kuantitas	
		Jumlah Awal (kg)	Addition (kg)
1	<i>Return scrap</i>	400	-
2	<i>Steel scrap</i>	800	-
3	<i>Carburizer</i>	34	4,5
4	FeSi	10	8,4
5	FeMn	-	2,4
6	Inokulan	9	-
7	FeSiMg	12	-

b. Bahan baku cetakan

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat cetakan yaitu:

1) Pasir silika

Pasir silika merupakan bahan baku utama yang digunakan untuk membuat cetakan. Pasir ini berikatan secara kimia.

2) Asam furan

Asam furan adalah bahan pengikat yang dilakukan katalisasi tanpa pemanasan.

3) Serbuk arang

Serbuk arang digunakan untuk meningkatkan sifat mampu ambruk cetakan sehingga pasir dapat digunakan kembali.

4) Plating

Plating merupakan serbuk karang laut yang dioleskan pada *pattern plate* sehingga pola mudah dilepaskan dari cetakan pasir.

5) Isomol

Isomol adalah gabungan antara grafit dengan alkohol yang dioleskan pada dinding cetakan yang bertujuan untuk menghasilkan produk cor dengan sifat permukaan yang baik. Setelah dioleskan isomol, permukaan cetakan dibakar untuk menguapkan alkohol.

3.2.2.2 Bahan Baku Proses Austempering

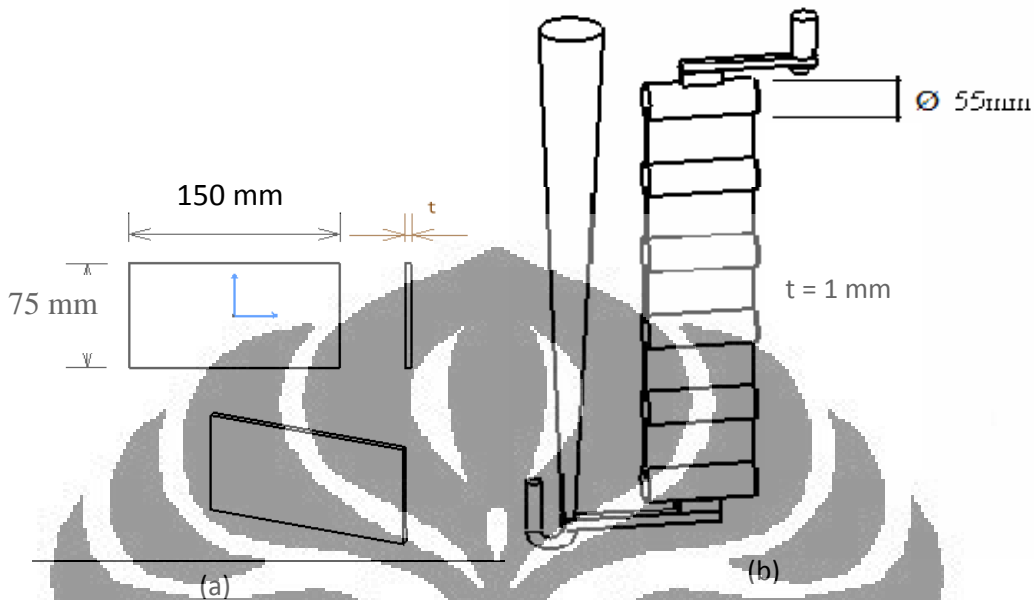
Proses *preheating*, austenisasi dan austempering logam dilakukan pada fluidized bed dengan menggunakan partikel-partikel alumina. Gas yang ditiupkan untuk proses *preheating* dan austempering adalah udara sedangkan untuk proses autenisasi digunakan gas nitrogen.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pembuatan Disain Cetakan

Disain cetakan pada penelitian ini telah dibuat penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mana disain tersebut merupakan modifikasi dari disain yang sebelumnya telah dikembangkan oleh Stefanescu. Stefanescu melakukan pengecoran dinding tipis dengan menyusun plat berturut-turut dari ingate 6, 2,5 dan 3,5 mm secara vertikal untuk menghindari terjadinya pembekuan yang terlalu cepat pada plat tipis^[9]. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi

ketebalan pelat menjadi 1 mm yang disusun secara vertikal sebanyak 5 buah pelat dengan ukuran 150 x 75 mm.



Gambar 3.2. (a) Geometri pelat. (b) Disain pola.

3.3.2 Perbaikan Pola

Pola terdiri atas komponen saluran tuang (*gating system*) dan benda cor. Pembuatan pola untuk komponen *gating system* telah dilakukan pada kegiatan penelitian sebelumnya yang mana dibuat dari kayu dan pelat logam sehingga pada penelitian ini hanya dilakukan perbaikan. Pola benda cor dibuat dari pelat logam berukuran 150 x 75 mm dengan tebal 1 mm sebanyak 5 buah. Pemotongan pelat logam untuk mendapatkan dimensi yang diinginkan dilakukan dengan alat pemotong pelat.

Sebelum digunakan, permukaan pola kayu dibersihkan dari kotoran-kotoran akibat penyimpanan dan ukuran pola logam disesuaikan dengan ukuran pada pola kayu (gambar 3.3a). Setelah itu pelat logam dilem pada pola kayu dengan menggunakan lem dan dipastikan bahwa posisi penempatan pelat logam benar-benar rata dengan permukaan pola kayu. Hal ini sangat penting agar bisa diperoleh logam cor dengan ketebalan sesuai yang diinginkan. Selanjutnya permukaan pola tersebut dioleskan larutan separasi agar permukaan pola menjadi halus sehingga permukaan cetakan pasir pun akan baik (gambar 3.3b).



Gambar 3.3. (a) Pencocokan ukuran pola logam pada pola kayu. (b) Pola dioleskan dengan larutan separasi.

3.3.3 Pembuatan Cetakan

Bahan baku utama yang digunakan untuk membuat cetakan adalah pasir furan. Pola diletakan di atas meja datar kemudian dipasang flask di bagian atasnya. Selanjutnya dilakukan pengisian campuran pasir dan katalis ke dalam flask sampai flask terisi penuh. Setelah pasir di dalam flask mengeras, pola dilepaskan dari cetakan kemudian permukaan rongga cetakan dioleskan dengan isomol agar diperoleh permukaan rongga cetakan yang rata (gambar 3.4a). Setelah dioleskan isomol, permukaan cetakan dibakar agar etanol menguap. Selanjutnya kedua flask digabungkan dan dipindahkan ke area penuangan logam cair. Proses penggabungan flask harus dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan bahwa seluruh permukaan cetakan bertemu dengan posisi yang tepat dan tidak ada rongga antara permukaan *cope* dan *drag* (gambar 3.4b). Hal tersebut sangat penting untuk mendapatkan logam cor yang baik dan bebas cacat sirip.



Gambar 3.4. (a) Cetakan yang telah dioleskan isomol. (b) Penggabungan flask.

3.3.4 Pembuatan Logam Cair dan *Liquid Treatment*

Proses peleburan logam dilakukan dengan menggunakan tungku induksi. Prosesnya diawali dengan pembuatan besi tuang kelabu karena besi tuang nodular dibuat dari besi tuang kelabu.

a. Pembuatan besi tuang kelabu

Tahap ini terdiri atas :

1) Tahap pemuatan bahan baku (*charging*)

Pada tahap ini bahan baku dimasukkan sebelum tungku dipanaskan. Tahap ini juga bisa dilakukan untuk peleburan selanjutnya yang mana tungku dalam keadaan masih panas.

2) Tahap peleburan bahan baku (*melting*)

Pada tahap ini bahan baku dipanaskan sampai temperatur leburnya. Setelah semua logam mencair, dilakukan penambahan *carburizer* kemudian temperatur logam cair dinaikkan kembali sehingga bisa dilakukan pengangkatan terak. Selanjutnya *slag remover* ditaburkan ke dalam logam cair untuk mengikat terak sehingga terak mudah dipisahkan dari logam cair. Pemberian *slag remover* dilakukan terus sampai terak pada logam cair diperkirakan habis. Temperatur logam cair tetap ditingkatkan untuk selanjutnya dilakukan uji komposisi dan CE.

3) Tahap refining

Pengambilan sampel logam cair untuk dilakukan pengujian komposisi kimia dan CE dilakukan ketika temperatur logam cair sekitar 1400°C. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan spektrometer. Pada tahap pengujian komposisi kimia logam cair ini temperatur logam cair tetap ditahan pada temperatur tersebut sampai diperoleh komposisi kimia logam cair sesuai dengan yang diinginkan. Setelah komposisi kimia logam cair yang diinginkan didapatkan, dilakukan pengukuran temperatur logam cair untuk persiapan proses penuangan logam cair ke dalam ladle (*tapping*). Apabila komposisi logam cair yang diinginkan belum tercapai, dilakukan penambahan unsur-unsur yang masih diperlukan.

4) Tahap tapping

Tahap tapping merupakan tahap di mana logam cair dari tungku peleburan dituangkan ke dalam ladle.

b. Pembuatan besi tuang nodular

Untuk mendapatkan besi tuang nodular, perlu dilakukan proses *liquid treatment*. Proses tersebut dilakukan bersamaan dengan proses tapping. Pada pengecoran besi tuang nodular ada 2 *liquid treatment* yang dilakukan, yaitu inokulasi dan nodularisasi. Inokulasi dengan cara menambahkan silikon (Si) ke dalam logam cair. Pemberian inokulan dilakukan pada saat logam cair dituang ke dalam ladle pada temperatur sekitar 1480°C dengan inokulan yang digunakan yaitu Fe-Si. Proses nodularisasi dilakukan dengan menambahkan magnesium (Mg) ke dalam logam cair. Nodulan diletakkan di dalam ladle di bawah *steel scrap* sebelum logam cair dituangkan, hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya letupan yang cukup besar akibat adanya reaksi antara Mg dengan logam cair serta untuk meningkatkan efektivitas reaksi antara logam cair dengan Mg. Nodulan yang digunakan adalah Fe-Si-Mg.

3.3.5 Penuangan Logam Cair

Penuangan logam cair (*pouring*) dilakukan dari ladle ke dalam rongga cetakan pada saat temperatur logam cair berkisar antara 1.450–1.393°C. Pengukuran temperatur penuangan tersebut dilakukan dengan menggunakan *thermocouple* sesaat sebelum logam cair dituangkan ke dalam rongga cetakan. Waktu yang diperlukan untuk penuangan logam cair diukur dengan menggunakan *stopwatch*, lamanya waktu penuangan yang diperlukan antara 5 sampai 14 detik. Setelah logam cair mendingin dilakukan pembongkaran cetakan dengan menggunakan mesin pembongkar cetakan. Setelah logam cor dipisahkan dari cetakan, selanjutnya dilakukan *shot blasting* terhadap logam cor. Proses *shot blasting* bertujuan untuk membersihkan permukaan logam cor, dilakukan dengan cara menumbukkan partikel-partikel bola baja ke seluruh permukaan logam cor di dalam mesin *shot blasting*. Selanjutnya dilakukan permesinan untuk memisahkan pelat yang diinginkan dari *gating system* dan cacat sirip yang terbentuk.

3.3.6 Proses Austempering

3.3.6.1 Pemanasan Awal (*Preheating*)

Peletakan sampel di dalam tungku perlakuan panas diusahakan sedemikian rupa sehingga tidak ada sampel yang saling tumpang-tindih sehingga media perlakuan panas dapat menjangkau seluruh permukaan sampel. Sampel dimasukkan ke dalam tungku perlakuan panas dengan cara dililitkan kawat sehingga sampel mudah ditangani (gambar 3.5a dan 3.5b). Pemanasan awal (*preheating*) dilakukan pada temperatur 569-650°C di dalam tungku fluidized bed (gambar 3.6a).

Pemanasan awal dilakukan dengan menggunakan tungku fluidized bed yang menggunakan partikel alumina. Gas yang digunakan pada proses pemanasan awal adalah udara yang ditiupkan ke dalam dapur melalui peniup udara (*blower*). Setelah dilakukan pemanasan awal selama ± 68 menit, sampel dipindahkan ke tungku austenisasi.



Gambar 3.5. (a) Sampel TWDI FCD 450 1mm dililitkan kawat sebelum dilakukan perlakuan panas. (b) Posisi penempatan sampel TWDI FCD 450 1 mm sesaat sebelum dimasukkan ke dalam tungku *preheating*.

3.3.6.2 Austenisasi

Proses austenisasi dilakukan dengan menggunakan tungku fluidized bed (gambar 3.6b). Pemanasan di mulai pada temperatur 859°C sampai temperatur tungku austenisasi mencapai 960°C. Setelah tungku austenisasi mencapai 960°C, dilakukan penahanan dengan waktu tahan (*holding time*) selama 30 menit. Toleransi tungku fluidized bed adalah $\pm 5^\circ\text{C}$. Gas yang ditiupkan ke dalam tungku

fluidized bed adalah gas nitrogen. Setelah dilakukan austenisasi sampel dipindahkan ke dalam tungku austempering.

3.3.6.3 Austempering

Proses austempering dilakukan dengan menggunakan tungku fluidized bed (gambar 3.6c). Gas yang ditiupkan ke dalam tungku fluidized bed adalah udara sedangkan partikel yang digunakan adalah alumina. Proses ini dilakukan pada temperatur 350°C dengan toleransi tungku temperatur $\pm 5^\circ\text{C}$. Proses austempering dilakukan dengan waktu tahan (*holding time*) selama 10 menit, setelah itu sampel dikeluarkan dari tungku austempering kemudian didinginkan di udara yang ditiupkan oleh kipas angin (*blower*). Gambar 3.7a dan 3.7b merupakan sampel TWADI 1 mm setelah dilakukan pendinginan.



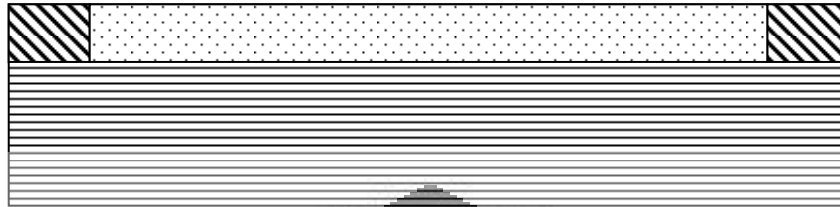
Gambar 3.6. (a) Tungku preheating. (b) Tungku austenisasi. (c) Tungku austempering.






Gambar 3.7. (a) Sampel TWADI setelah dilakukan proses austempering. (b) Sampel TWADI disusun berdasarkan penamaan sampel.

3.3.7 Preparasi Sampel

Pengambilan sampel yang telah dilakukan austempering untuk uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji tarik pada penelitian ini digambarkan pada gambar 3.8 berikut ini:



Keterangan:

-  : Sampel untuk uji struktur mikro
-  : Sampel untuk uji kekerasan
-  : Sampel untuk uji tarik

Gambar 3.8. Skema bagian sampel untuk uji struktur mikro, uji kekerasan dan uji tarik.

3.3.7.1 Preparasi Sampel Pengujian Komposisi Kimia

Sampel uji komposisi kimia diambil dari cetakan uji berupa cetakan uji spektrometer. Preparasi selanjutnya dilakukan dengan memotong sedikit pada bagian atasnya kemudian dibubut bagian dasarnya agar permukaan sampel menjadi rata dan bersih dari kotoran yang dapat mempengaruhi hasil pengujian. Sampel uji komposisi yang telah siap tidak boleh dipegang pada bagian bawahnya mencegah kontaminasi.

3.3.7.2 Preparasi Sampel Proses Austempering

Sampel yang akan dilakukan proses austempering dilakukan preparasi berupa pemberian cairan antirarat (*antirust*) tipe WD40 untuk menghindari terjadinya kontaminasi pada permukaan pelat selama proses penyimpanan.

3.3.7.3 Preparasi Sampel Pengamatan Struktur Mikro

a. Pemotongan

Sampel dipotong dengan menggunakan gergaji besi tipe 24 pada kedua bagian ujung TWADI. Sampel untuk foto struktur mikro yang telah dipotong kemudian dikelompokkan berdasarkan nama-nama pelat.



Gambar 3.9. Sampel foto struktur mikro yang telah dipotong dan diberi nama berdasarkan kode pelat.

b. Mounting

Mounting dilakukan untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil. Jenis *mounting* yang digunakan untuk pengamatan struktur mikro adalah *compression mounting* dengan menggunakan resin sebagai media *mounting*. Sampel dimasukkan ke dalam cetakan mesin *compression mounting*, kemudian ditambahkan resin dan dipanaskan serta diberi tekanan. Setelah itu didinginkan di air.

c. Ampelas (*grinding*)

Pengampelasan bertujuan untuk mendapatkan kehalusan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan kasar pada permukaan sampel pada saat pemotongan. Pengampelasan dilakukan dengan menggunakan kertas ampelas dengan nomor grid #80, #180, #360, #500, #700, #800 dan #1200 yang dilakukan secara bertahap, dimulai dari ampelas dengan nomor grid paling kecil (kasar) ke nomor grid yang besar (halus). Pada saat pengampelasan dilakukan pemberian air untuk menghindari efek buruk akibat pemanasan terhadap struktur mikro dan mengalirkan geram logam yang terkikis. Selain itu perubahan arah pengampelasan penting dilakukan agar permukaan sampel benar-benar halus dan merata.

d. Pemolesan

Permukaan sampel yang akan diamati di bawah mikroskop harus benar-benar rata agar cahaya yang datang dari mikroskop dipantulkan kembali secara fokus. Untuk memperoleh permukaan sampel yang halus, sampel dilakukan pemolesan. Proses ini berturut-turut mulai dari tingkat kehalusan 6 μm , 3 μm , 2 μm , dan 0,25 μm .

e. Etsa

Agar fasa pada sampel dapat terlihat dengan menggunakan mikroskop optik, dilakukan proses etsa. Zat etsa yang digunakan adalah Nital 2%. Sampel dicelupkan kedalam larutan Nital 2% selama kurang lebih 60 detik kemudian dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan.

3.3.7.4 Preparasi Sampel Pengujian Kekerasan

Sampel untuk uji keras dipotong dengan menggunakan gergaji besi dari pelat secara memanjang yang mana diperkirakan dapat dilakukan pengujian keras yang cukup representatif terhadap sifat pelat. Setelah dipotong, sampel diampelas untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang ada di permukaan sampel.

3.3.7.5 Preparasi Sampel Pengujian Tarik

Preparasi sampel uji tarik dilakukan dengan pembubutan pelat sehingga diperoleh dimensi yang disyaratkan oleh standar pengujian. Pemotongan dilakukan dengan arah memanjang dengan lebar 30 mm. Sampel hasil pemotongan dibentuk sesuai standar JIS Z 2241 dengan menggunakan *milling machine*. Setelah itu permukaan sampel juga diampelas.

3.3.8 Pengujian

3.3.8.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengambilan sampel untuk komposisi kimia dilakukan sesaat sebelum dilakukan penuangan dari dapur ke ladai. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan spektrometer. Sampel uji ditembak sebanyak 2 kali dengan spektrometer kemudian diambil nilai rata-ratanya. Uji komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung dalam sampel.

3.3.8.2 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui jenis matriks, jumlah nodul (*nodule count*), bentuk nodul (*nodule shape*), kenodulan (*nodularity*) dan diameter rata-rata nodul (*nodule size*) yang dihasilkan.

Untuk mendapatkan gambar mengenai geometri nodul grafit, pengujian struktur mikro dilakukan setelah proses pemolesan. Pengamatan ini dilakukan untuk menghasilkan gambar non-etsa yang digunakan untuk menghitung nodularitas, jumlah nodul, dan diameter rata-rata nodul. Baru setelah semua sampel diambil struktur mikro non etsa, kemudian dilanjutkan tahap etsa untuk melihat struktur mikro berupa fasa yang terbentuk dari proses austempering.

Pengamatan struktur mikro dilakukan di bawah mikroskop optik digital Canon. Pengamatan dilakukan dengan perbesaran 50x, 100x, 200x, 500x, dan 1000x. Temperatur saat pengambilan gambar sekitar 27°C. Sedangkan teknik yang digunakan adalah teknik polikrom untuk menghasilkan gambar berwarna.

Foto struktur mikro kemudian digunakan untuk menghitung jumlah nodul, kenodulan dan diameter rata-rata nodul. Adapun metode perhitungan untuk variabel-variabel ini dilakukan dengan menggunakan software NIS-Element dengan pengaturan diameter nodul minimum yang diperhitungkan adalah 5 μm .

3.3.8.3 Pengujian Kekerasan

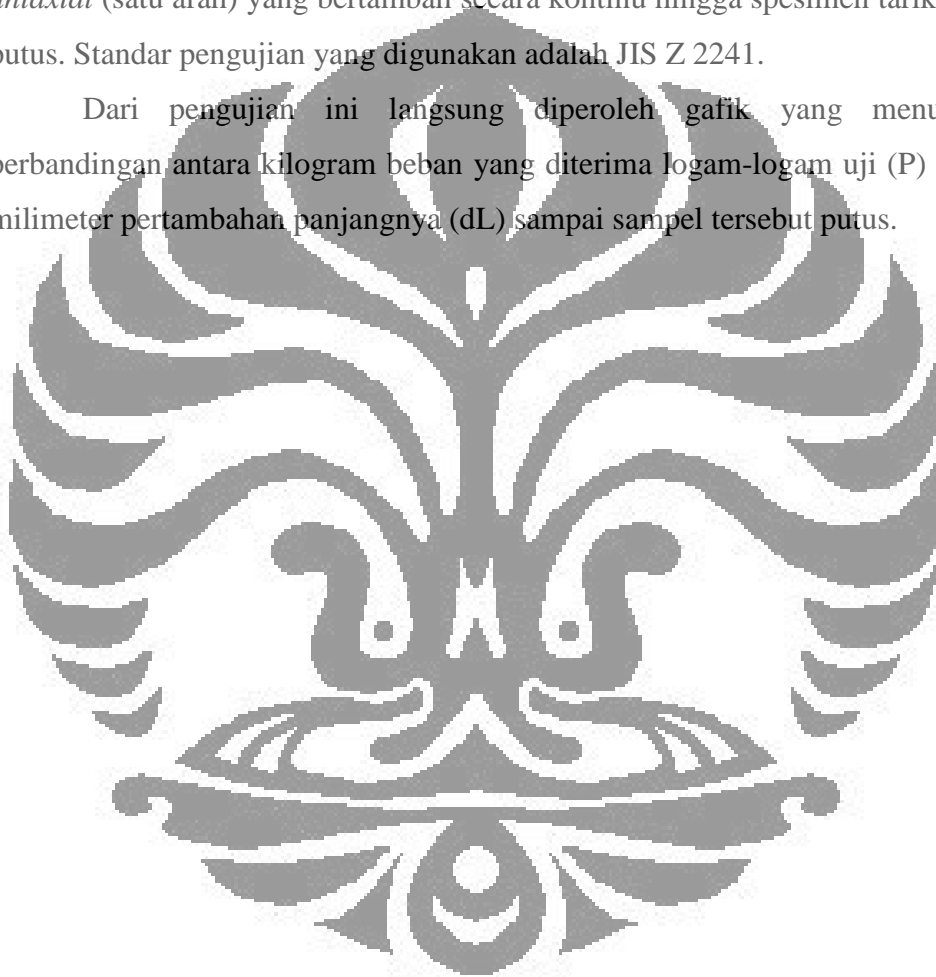
Pengujian keras dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari TWADI 1 mm tersebut. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Indentasi Rockwell B yaitu penjejakan dengan menggunakan bola baja. Standard yang digunakan untuk pengujian kekerasan dengan menggunakan mesin Rockwell adalah JIS Z 2245. Saat pengujian digunakan indenter bola baja dengan diameter 1/16 inchi dengan beban 100 kgf. Waktu penjejakan yang diberikan terhadap sampel yaitu ± 5 detik. Pemberian waktu tahan penjejakan ini bertujuan agar hasil penjejakan tidak kembali ke bentuk semula.

Tahapan pengujian yang pertama adalah pengaturan beban yang digunakan, sampel diletakkan pada meja sampel kemudian meja sampel tersebut diputar dan disetting hingga permukaan sampel menyentuh bola indenter (tanpa tekanan) hingga tercapai indikator pada layar mesin Rockwell B. Selanjutnya biarkan proses indentasi terjadi secara otomatis selama 5 detik sehingga layar mesin Rockwell menunjukkan nilai kekerasan yang diperoleh dari hasil indentasi, kemudian meja sampel dilonggarkan untuk melanjutkan indentasi pada titik-titik permukaan lainnya. Tiap sampel dilakukan proses indentasi di 7 titik.

3.3.8.4 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik *Shimadzu Servopulser*. Mesin ini memiliki kapasitas 20 ton (200 KN), belum terintegrasi dengan sistem komputerisasi sehingga data yang dihasilkan melalui pembentukan grafik oleh jarum pembaca terdapat pada selebar kertas. Prinsip pengujian ini yaitu sampel atau benda uji dengan ukuran dan bentuk tertentu diberi beban tarik *uniaxial* (satu arah) yang bertambah secara kontinu hingga spesimen tarik tersebut putus. Standar pengujian yang digunakan adalah JIS Z 2241.

Dari pengujian ini langsung diperoleh grafik yang menunjukkan perbandingan antara kilogram beban yang diterima logam-logam uji (P) terhadap milimeter pertambahan panjangnya (dL) sampai sampel tersebut putus.



BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi Kimia

Komposisi kimia coran sampel besi nodular dinding tipis (*thin wall ductile iron -TWDI*) dengan standard persyaratan komposisi kimia besi tuang nodular yang baik sehingga bisa dibuat menjadi besi nodular austemper dinding tipis (*thin wall ductile iron – TWADI*) ditunjukkan pada tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1. Komposisi kimia TWDI dan standard persyaratan komposisi kimia^[33-37].

No	Unsur	Standard (%)	Sampel (%)
1	C	3,6 – 3,8	3,819
2	Si	2,4 – 2,8	2,764
3	Mn	max. 0,3	0,356
4	P	max. 0,03	0,024
5	S	max.0,002	0,023
6	Cu	max. 0,8	0,021
7	Cr	0,03 – 0,07	0,054
8	Ni	max. 1,5	0,026
9	Mg	max. 0,3	0,068

Dari tabel 4.1 di atas dapat diketahui bahwa kandungan karbon (C), mangan (Mn) dan sulfur (S) pada sampel melebihi kadar yang diperbolehkan untuk TWDI yang akan dibuat menjadi TWADI. Keough mengatakan bahwa semakin banyak kandungan karbon akan meningkatkan kekuatan tarik namun akan mengurangi elongasi dan kekerasan sedangkan kandungan mangan yang berlebihan akan memperlambat terjadinya reaksi austempering^[11].

Adanya kandungan Cu dan Ni di dalam komposisi sampel TWDI bermanfaat untuk menggeser daerah pembentukan awal pearlite (*pearlite start*) semakin ke kanan, Harding menyebutkan bahwa penambahan sejumlah kecil unsur-unsur Cu, Ni dan Mo baik ketiga unsur tersebut digunakan terpisah maupun digunakan bersama-sama akan mencegah pembentukan pearlite^[35]. Hal tersebut berarti bahwa ausferrite semakin mudah diperoleh meskipun kecepatan

pendinginan (*cooling rate*) dari temperatur austenisasi ke temperatur austempering lebih lambat.

4.2 Pengamatan Visual

4.2.1 Penanganan sampel

Oleh karena ukuran sampel TWDI pada penelitian ini kecil dan tipis maka sampel tersebut dililitkan dengan kawat agar mudah dalam penanganannya selama proses austempering terutama pada saat dilakukan permindahan sampel dari tungku satu ke tungku lainnya. Gambar 4.1a di bawah ini merupakan sampel TWDI yang telah diberi kode sampel dan dililitkan kawat. Selama proses austempering, sampel seharusnya ditata sedemikian rupa sehingga sampel tidak saling bertumpuk satu sama lain. Hal ini sangat penting agar media austempering dapat menjangkau seluruh permukaan sampel dan menghindari perubahan bentuk sampel akibat berat sampel apabila sampel ditumpuk di dalam tungku austempering karena sampel pada penelitian ini relatif tipis.

Penanganan sampel dengan cara melilitkan kawat (gambar 4.1a) tidak terlalu direkomendasikan karena dikhawatirkan sampel yang tertutup oleh lilitan kawat tidak mengalami proses austempering dengan sempurna sehingga dapat mengurangi keseragaman hasil.

Posisi penempatan sampel ketika dilakukan proses austempering ditunjukkan pada gambar 4.1b. Dari gambar tersebut tampak bahwa sampel ditata terlalu berdekatan, sampel yang berada di bagian dalam tertutup oleh sampel bagian terluar. Untuk mencegah efek penataan sampel yang saling berdekatan, sampel yang berada di bagian dalam digantung lebih ke bawah daripada sampel yang berada di bagian terluar. Selain itu penempatan sampel juga dibuat sedemikian rupa sehingga sisi pelat tidak saling berhimpit. Dengan dilakukannya usaha-usaha di atas diharapkan bahwa seluruh bagian sampel mengalami proses austempering secara sempurna.



Gambar 4.1. (a) Sampel TWDI yang telah dililitkan kawat dan siap dilakukan proses austempering. (b) Kondisi penempatan sampel di dalam tungku selama proses austempering..

4.2.2 Proses austempering

Proses perlakuan panas yang dilakukan terdiri atas tahap pemanasan awal (*preheating*), tahap austenisasi dan tahap austempering. Semua proses tersebut dilakukan di dalam tungku fluidized bed dengan menggunakan partikel alumina (Al_2O_3).

a. Tahap pemanasan awal (*preheating*)

Proses *preheating* dilakukan untuk mengontrol keseragaman kecepatan pemanasan antara bagian dalam (*core*) dengan bagian permukaan (*surface*) sampel sehingga tidak terjadi gradien temperatur yang terlalu tinggi. Perbedaan temperatur antara bagian dalam dan permukaan material akibat rambatan panas akan menyebabkan perbedaan pemuaian volum material sehingga dapat meningkatkan resiko terjadinya distorsi pada material. Gas yang digunakan untuk memfluidisasi partikel-partikel alumina selama proses *preheating* adalah udara. Selain karena tidak berpengaruh terhadap sifat-sifat mekanis material selama *preheating*, udara juga tersedia melimpah sehingga biaya proses menjadi lebih murah. Dengan kata lain penggunaan udara untuk *preheating* memberikan keuntungan secara ekonomis.

b. Tahap Austenisasi

Gas yang ditiupkan ke dalam tungku fluidized bed adalah gas nitrogen. Penggunaan gas nitrogen pada proses austenisasi bertujuan untuk menghindari terjadinya dekarburisasi^[9]. Bersama dengan temperatur austenisasi, waktu tahan austenisasi menentukan kesempurnaan transformasi fasa menjadi austenite dan kandungan karbon di dalam austenite.

c. Tahap Austempering

Gas yang ditiupkan ke dalam tungku fluidized bed selama tahap austempering adalah udara. TWADI yang telah dilakukan proses austempering diamati secara visual. Seluruh permukaan TWADI tersebut tampak halus dan sampel tidak tampak mengalami perubahan bentuk/dimensi. Hal ini berarti bahwa penataan sampel cukup baik sehingga sampel tidak saling tumpang-tindih yang mana dapat menyebabkan perubahan bentuk pelat akibat berat pelat yang di atasnya. Sampel TWADI yang diperoleh dari proses austempering ditunjukkan oleh gambar 4.2 di bawah. Pemilihan lamanya waktu tahan selama proses austempering ditentukan oleh ketebalan material dasarnya. Semakin tipis ukuran besi tuang nodular yang akan dilakukan austempering maka waktu tahan yang diberikan pun akan semakin singkat. Waktu tahan austempering yang diberikan kepada sampel TWADI ini adalah 10 menit. Penentuan lamanya waktu tahan ini berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dengan ketebalan dan proses yang mirip^[6].



Gambar 4.2. Sampel TWADI yang diperoleh dari proses austempering.

d. Waktu untuk memindahkan material (*transfer time*)

Pemindahan material dari dapur austenisasi menuju dapur tempering membutuhkan waktu (*transfer time*), sehingga temperatur semakin turun dan dimungkinkan terbentuk pearlit. *Transfer time* yang tepat akan menghasilkan ketangguhan, kekerasan dan struktur mikro yang diinginkan. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, memvariasikan *transfer time* pada 15 detik, 68 detik dan 120 detik. *Transfer time* berpengaruh terhadap ketangguhan material, yaitu semakin lama *transfer time* maka kekerasan dan ketahanan impak material semakin turun. Kekerasan dan ketahanan impak tertinggi di dapatkan pada *transfer time* 15 detik, sedangkan terendah didapatkan pada *transfer time* 120 detik. Pada *transfer time* 68 detik sudah terbentuk struktur pearlite^[21].

Pada penelitian ini sampel dipindahkan dari tungku pemanas satu ke tungku yang lainnya dalam waktu singkat karena jarak antartungku berdekatan (gambar 4.3) dan pemindahan sampel dilakukan secara cepat sehingga dapat dikatakan bahwa waktu yang diperlukan untuk memindahkan sampel antartungku tidak berpengaruh buruk pada sifat-sifat sampel.



Gambar 4.3. (a) Tungku preheating. (b) Tungku austenisasi. (c) Tungku austempering.

4.3 Struktur Mikro, Diagram Fasa dan Diagram Pendinginan

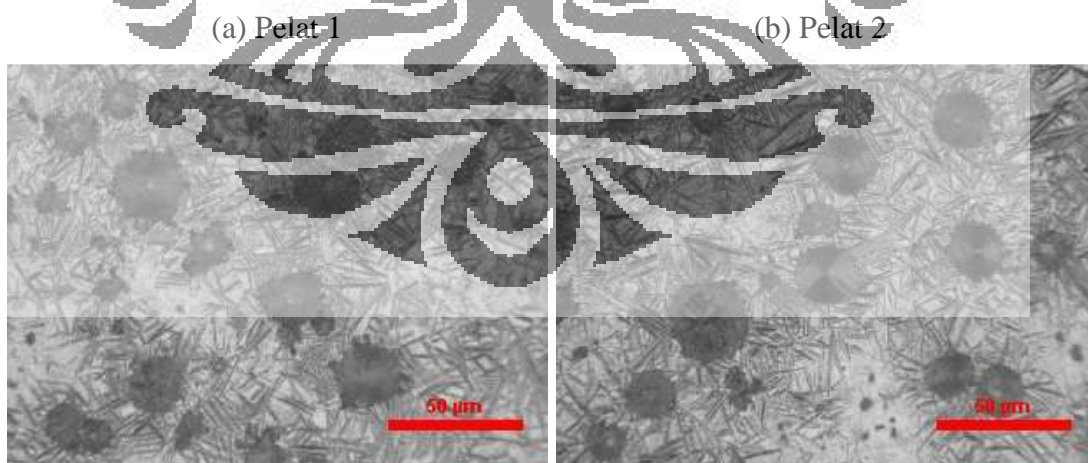
4.3.1 Struktur Mikro

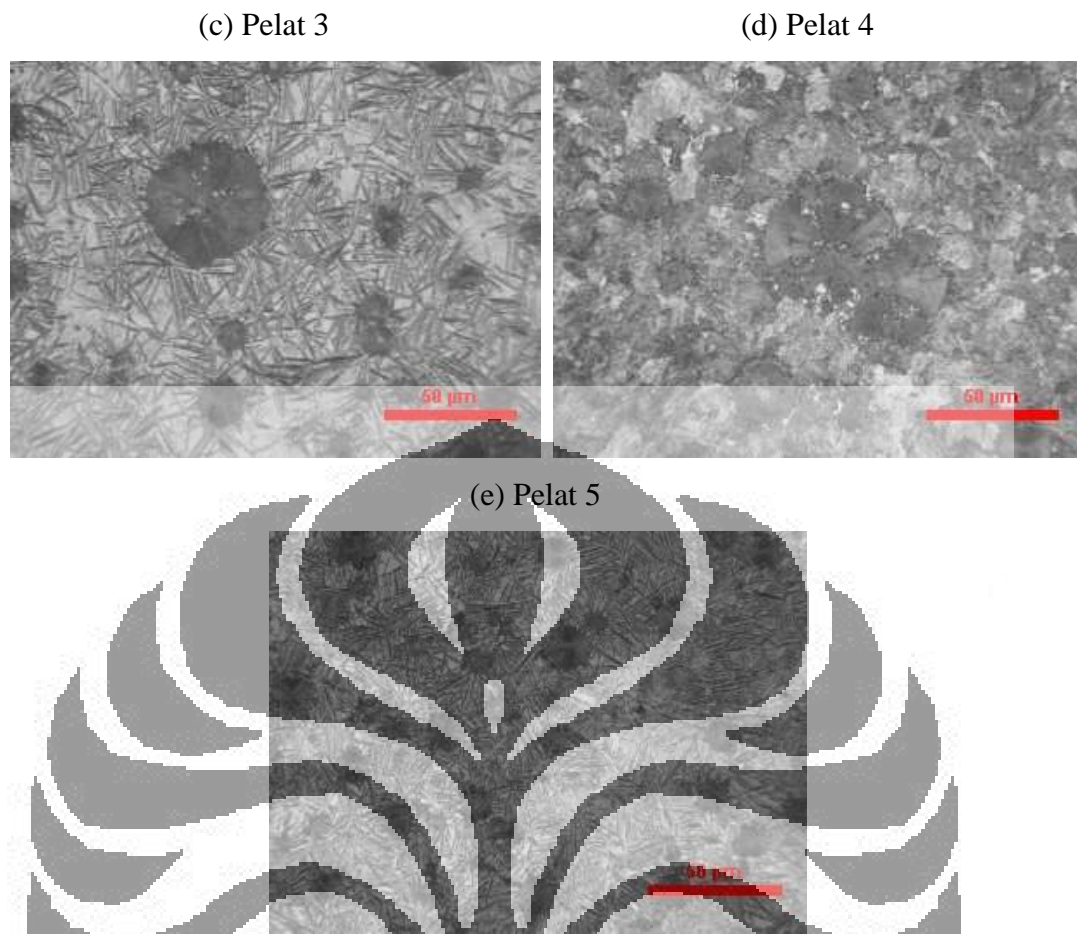
Mikrostruktur sampel TWADI yang diperoleh dari proses austempering pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 4.4. Gambar 4.5 merupakan gambar

mikrostruktur ADI yang didapatkan dari proses austempering pada temperatur 360°C dan austenisasi pada 880°C. Corrobo menyebutkan bahwa ADI yang diperolehnya tersebut merupakan ausferrite yang terdiri atas ferrite asikular (struktur berbentuk seperti jarum-jarum berwarna cokelat pada matriks) dan austenite sisa (daerah yang berwarna terang pada matriks), sedangkan bulatan yang berwarna cokelat tua adalah grafit nodular^[39].

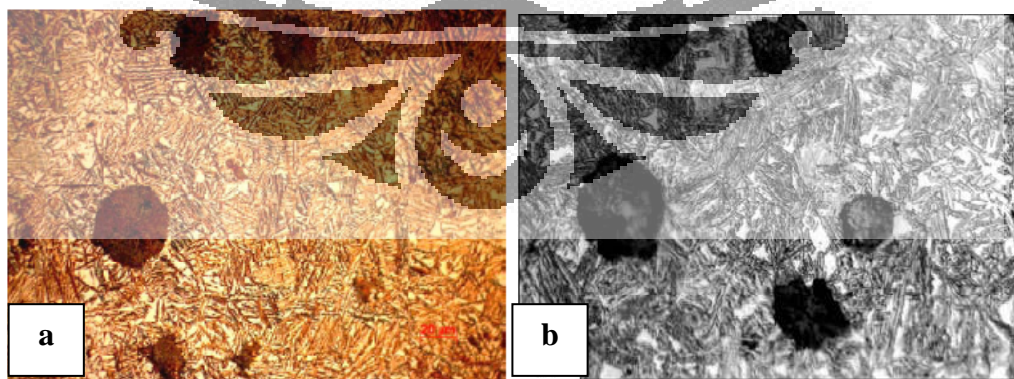
Salah satu peneliti yang telah melakukan penelitian terhadap mikrostruktur TWADI 2 mm adalah Mourad. Mourad mengatakan bahwa TWADI yang dilakukan austempering pada temperatur 400°C dan austenisasi pada 900 °C memiliki struktur yang terdiri atas bainitic ferrite kasar dan austenite (gambar 4.5b)^[6].

Secara visual gambar struktur mikro antara gambar 4.4 dengan gambar 4.5a dan 4.5b adalah sama, yaitu terdiri atas matriks yang berbentuk jarum-jarum dan daerah terang. Pada kedua gambar struktur mikro tersebut juga terdapat bulatan berwarna cokelat tua yang mana merupakan grafit nodular. Sehingga dapat dikatakan pula bahwa matriks yang berbentuk jarum-jarum pada gambar 4.4 adalah ferrite asikular sedangkan daerah matriks yang berwarna terang adalah austenite sisa (*retained austenite*). Dari kesamaan visual antara gambar 4.4 dan gambar 4.5, kemiripan proses yang dilakukan Mourad, dapat disimpulkan bahwa struktur mikro TWADI yang diperoleh pada penelitian ini terdiri atas matriks ausferrite dan bainitic ferrite.





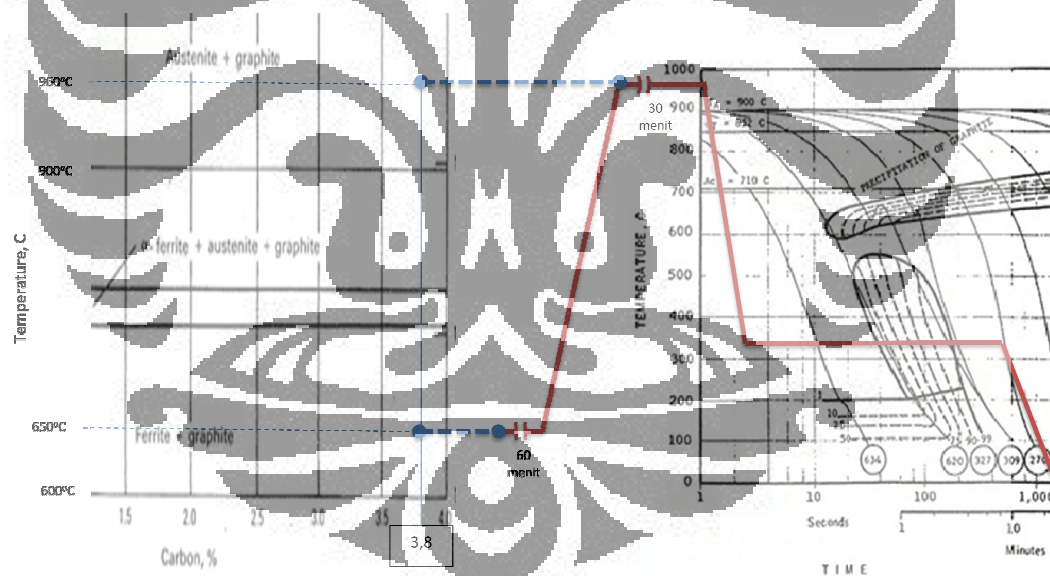
Gambar 4.4. Struktur mikro TWADI hasil austempering 350°C dan austenisasi 960. (a) Pelat 1, (b) Pelat 2, (c) Pelat 3, (d) Pelat 4 dan (e) Pelat 5. Perbesaran 500x, etsa nital 2%.



Gambar 4.5. (a) Struktur mikro ADI hasil austempering 360°C dan austenisasi 880°C^[39]. (b) Struktur mikro ADI hasil austempering 400°C dan austenisasi 900°C^[6].

4.3.2 Diagram Fasa dan Diagram Pendinginan

Diagram fasa besi tuang nodular tanpa paduan (*non-alloyed ductile iron*) dengan kandungan Si 2,5% dan diagram pendinginan (*continuous cooling transformation - CCT*) ditunjukkan oleh gambar 4.6. Meskipun komposisi material pada diagram CCT dengan komposisi sampel pada penelitian ini berbeda, namun perbedaan komposisi tersebut berada pada rentang yang tidak terlalu besar sehingga kemungkinan bentuk dari diagram CCT keduanya tidak jauh berbeda. Walaupun kandungan silikon (Si) TWDI pada penelitian ini 2,75%, namun perbedaan kandungan Si yang hanya 0,25 tersebut pada dasarnya tidak membuat perbedaan diagram fasa yang signifikan. Pengaruh perbedaan kandungan Si yang tidak signifikan terhadap diagram Fe-C telah diidentifikasi pada diagram fasa Fe-C dengan kandungan Si antara 2,3% -6% namun tidak dilakukan perbandingan terhadap diagram fasa Fe-C-2,75%Si. Dari diagram fasa Fe-C-2,5%Si pada gambar 4.6 dapat diketahui pengaruh temperatur proses *preheating* dan austenisasi yang diberikan terhadap mikrostruktur sampel TWDI.



Gambar 4.6. Diagram fasa Fe-C 2,5%Si^[40] dan Diagram CCT Besi Tuang Nodular. Telah diolah kembali.

Komposisi: Fe - 3,79%C – 0,42%Mn – 2,75%Si – 0,039%P - 0,01%S – 0,02%Cr – 0,04%Mo – 0,05%Mg. Austenisasi 900°C selama 20 menit^[41].

Berdasarkan gambar 4.6 di atas, pada temperatur *preheating* yang diberikan (650°C) secara termodinamika ferrite dan grafit pada sampel TWDI masih dalam kondisi stabil (tidak bertransformasi). Pada saat temperatur

austenisasi yang diberikan (960°C) terjadi transformasi fasa ferrite menjadi austenite namun grafit tetap stabil. Penahanan (*holding*) selama proses austenisasi dilakukan agar seluruh ferrite bertransformasi secara sempurna menjadi austenite dan semakin banyak karbon yang berdifusi ke fasa austenite sehingga diperoleh fasa austenite stabil yang kaya akan karbon (*carbon stabilized austenite*) dengan kandungan karbon hingga 2%.

Dari diagram CCT di atas dapat diketahui bahwa austempering yang dilakukan pada temperatur 350°C akan mengubah austenite menjadi ausferrite. Namun tampak pada diagram tersebut bahwa waktu tahan yang diberikan selama proses austempering (10 menit) merupakan waktu yang terlalu lama sehingga kemungkinan pada penelitian ini terjadi reaksi austempering tahap 2. Achary mengatakan bahwa apabila waktu tahan austempering terlalu lama, maka austenite yang kaya akan karbon (*carbon enriched austenite*) menjadi tidak stabil sehingga akan bertransformasi menjadi ferrite dan karbida yang mana akan menurunkan ketangguhan (*toughness*) dan keuletan (*ductility*)^[20].

4.4 Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata

Berdasarkan pada hasil pengukuran jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata antara TWDI dan setelah pelat tersebut menjadi TWADI, diperoleh perbedaan jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata berturut-turut hingga 22%, 8% dan 25%. Meskipun beberapa pelat memiliki perbedaan jumlah nodul dan diameter nodul rata-rata yang cukup besar antara sebelum dan setelah dilakukan proses austempering, namun pada beberapa pelat ditemukan jumlah nodul dan diameter nodul rata-rata yang sama persis antara sebelum dan sesudah dilakukan proses austempering. Dengan mengacu bahwa jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata tidak akan berubah akibat proses austempering^[36], perubahan morfologi dan bentuk nodul yang diperoleh pada penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan bagian pelat yang diambil sebagai sampel untuk pengukuran foto mikro. Oleh karena itu, apabila distribusi nodul pada pelat tidak merata akan menghasilkan perhitungan jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata yang berbeda. Pada pembahasan yang selanjutnya dianggap bahwa morfologi dan jumlah nodul antara TWDI dan TWADI adalah

sama. Tabel 4.2 di bawah ini menyajikan data mengenai perbandingan jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata tiap TWADI yang diperoleh melalui analisis gambar dengan software NIS-Elements:

Tabel 4.2. Morfologi nodul, jumlah nodul, kekerasan dan kekuatan tarik sampel.

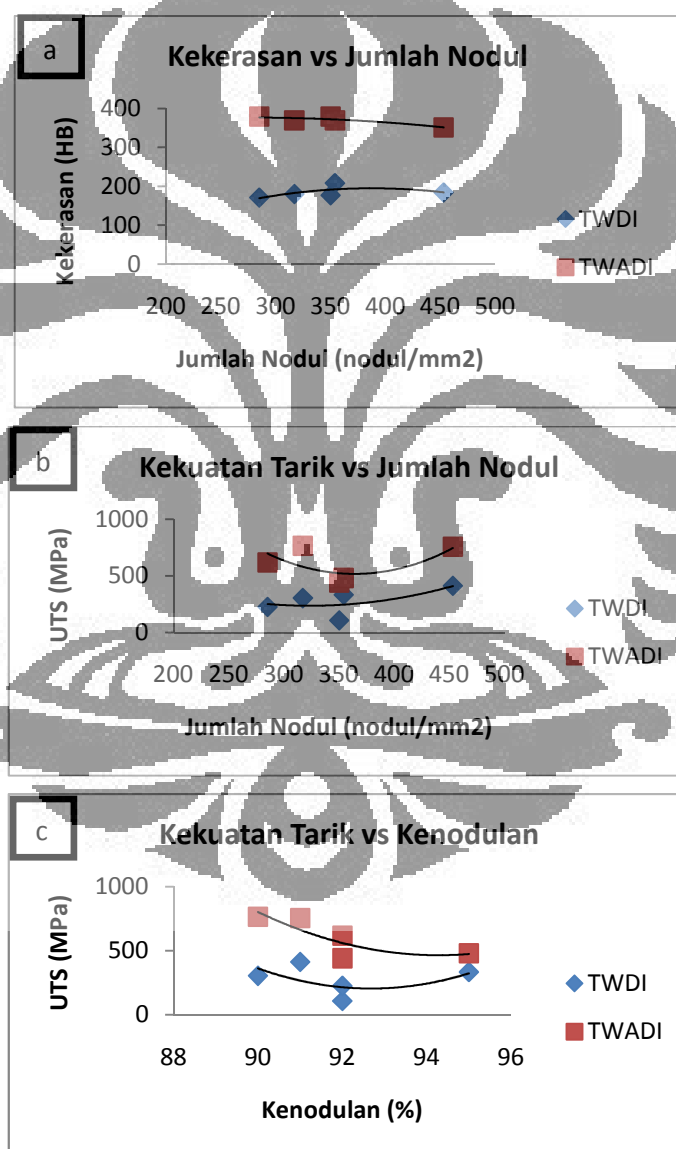
TWADI	Nodule Count	Nodularity	D average	TWADI		TWADI	
				Hardness	UTS	Hardness	UTS
	(nodule/mm ²)	(%)	(μm)	(BHN)	(MPa)	(BHN)	(MPa)
1	317	90	3	180	304	369	765
2	350	92	3	177	108	379	441
3	285	92	3	171	226	379	618
4	453	91	3	184	412	351	755
5	354	95	4	208	333	369	481
Rata-rata TWADI				184	277	369	612

Dari tabel di atas tampak bahwa seiring dengan meningkatnya jumlah nodul maka kenodulan juga akan meningkat namun diameter nodul rata-rata tampak konstan. Pada pelat 1 dan 3 tampak terjadi penurunan jumlah nodul sebesar 10% sedangkan kenodulan meningkat hingga 2% dan diameter nodul tetap sama. Pelat 1 dan 5 memiliki perbedaan jumlah nodul sebesar 12%, kedua pelat tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kenodulan sebesar 6% dan peningkatan diameter nodul sebesar 33%. Pelat 1 dan 4 memiliki perbedaan jumlah nodul sebesar 43%, kedua pelat tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kenodulan hanya 1% namun diameter nodul tetap sama. Pada pelat 3 dan 5 tampak bahwa seiring dengan meningkatnya jumlah nodul hingga 24% juga terjadi peningkatan kenodulan sebesar 3% dan diameter nodul rata-rata hingga 33%. Pada pelat 4 dan 5 tampak bahwa seiring dengan menurunnya jumlah nodul hingga 21% terjadi peningkatan kenodulan sebesar 4% sedangkan diameter nodul rata-rata meningkat hingga 33%.

Semakin tinggi jumlah nodul akan menghasilkan kenodulan yang juga semakin tinggi namun akan menurunkan diameter nodul^[7]. Dari data pada tabel 4.2 di atas secara umum dapat dikatakan bahwa perubahan jumlah nodul hingga 59% tidak berpengaruh signifikan terhadap kenodulan namun cukup signifikan terhadap diameter nodul meskipun pada tabel tersebut tampak bahwa peningkatan jumlah nodul tidak selalu diikuti dengan penurunan diameter nodul, hal tersebut

kemungkinan disebabkan oleh inokulasi pada saat pembuatan TWDI cukup berhasil. Selain untuk meningkatkan jumlah nodul, inokulasi juga dilakukan untuk membuat nodul menjadi lebih bulat sehingga semakin tinggi jumlah nodul juga akan meningkatkan kenodulan^[11].

Pada tabel 4.2 di atas terlihat bahwa TWDI yang memiliki jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata berbeda memiliki kekerasan dan kekuatan tarik yang berbeda-beda walaupun matriks seluruh TWDI tersebut adalah sama, yaitu ferrite. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwa sifat-sifat mekanis TWDI dipengaruhi oleh morfologi dan jumlah nodul grafit di dalam matriksnya.



Gambar 4.7a-c. Trend pengaruh perubahan morfologi dan jumlah nodul terhadap kekerasan dan kekuatan tarik TWDI dan TWADI.

Meskipun matriks pada seluruh TWADI yang diperoleh dari penelitian ini juga sama, yaitu ausferrite dan bainitic ferrite, namun ternyata tiap TWADI yang diperoleh memiliki kekerasan dan kekuatan tarik yang berbeda-beda. Jika dilihat profil dari kecenderungan pengaruh jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul rata-rata terhadap kekerasan dan sifat mekanis pada TWADI maupun TWADI, tampak bahwa perubahan morfologi dan jumlah nodul dari TWADI dan TWADI memiliki trend pengaruh yang sama terhadap kekerasan dan kekuatannya (gambar 4.7). Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa sifat-sifat mekanis dari TWADI juga dipengaruhi oleh morfologi dan jumlah nodul sebagaimana morfologi dan jumlah nodul mempengaruhi sifat-sifat mekanis pada TWADI.

4.5 Pengujian Sifat Mekanis

4.5.1 Pengujian Kekerasan

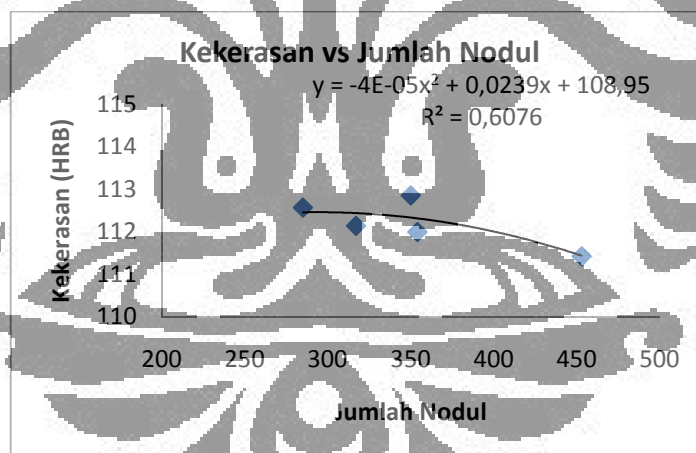
Dari hasil pengujian kekerasan tampak bahwa pada pelat yang sama terdapat sedikit perbedaan nilai kekerasan pada titik indentasi tertentu, kemungkinan perbedaan nilai kekerasan pada beberapa titik indentasi tersebut terjadi karena permukaan sampel yang kurang rata pada saat dilakukan pengampelasan. Kemungkinan lainnya yaitu bentuk sampel sedikit melengkung (sampel TWADI yang diperoleh mengalami pelengkungan selama proses penyimpanan akibat *gating system* yang cukup berat) menyebabkan beban indentasi yang diberikan mesin Rockwell B pada saat dilakukan pengujian menjadi tidak seragam. Karena tingkat sensitivitas mesin Rockwell B cukup tinggi terhadap permukaan sampel, bentuk sampel yang tidak rata akan mengakibatkan ketidakseragaman pembebanan oleh indenter yang mana akan mempengaruhi nilai kekerasan yang dibaca oleh mesin Rockwell B.

Berdasarkan nilai kekerasan rata-rata TWADI yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan Rockwell B, diketahui bahwa persentase perbedaan nilai kekerasan antarpelat tidak terlalu besar. Pelat 2 dan 3 memiliki nilai kekerasan yang sama yang mana merupakan nilai kekerasan tertinggi dibandingkan sampel lainnya, sedangkan persentase perbedaan nilai kekerasan terbesar terdapat pada pelat 2 dan 3 terhadap pelat 4 yaitu sebesar 1%, namun

perbedaan nilai kekerasan tersebut sangatlah kecil sehingga dapat dikatakan bahwa seluruh pelat TWADI memiliki nilai kekerasan yang sama.

a. Kekerasan terhadap Jumlah Nodul

Hubungan antara kekerasan dan jumlah nodul (*nodule count*) dari tiap pelat ditunjukkan pada gambar 4.8. Dari grafik tersebut dapat diketahui kecenderungan pengaruh jumlah nodul terhadap kekerasan TWADI bahwa nilai kekerasan akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah nodul sampai pada jumlah nodul tertentu (*jumlah nodul optimum*) kemudian nilai kekerasan akan turun meskipun jumlah nodul bertambah. Persentase perbedaan jumlah nodul terkecil pada penelitian ini terdapat pada pelat 2 dan 5 yaitu 1% dengan perbedaan nilai kekerasan yang diperoleh sebesar 1%, sedangkan persentase perbedaan jumlah nodul terbesar terdapat pada pelat 3 dan 4 yaitu sebesar 59% namun nilai kekerasan kedua pelat tersebut juga hanya berbeda 1%. Jumlah nodul optimum untuk mendapatkan kekerasan maksimum yang diperoleh pada penelitian ini adalah 317-354 nodul/mm².

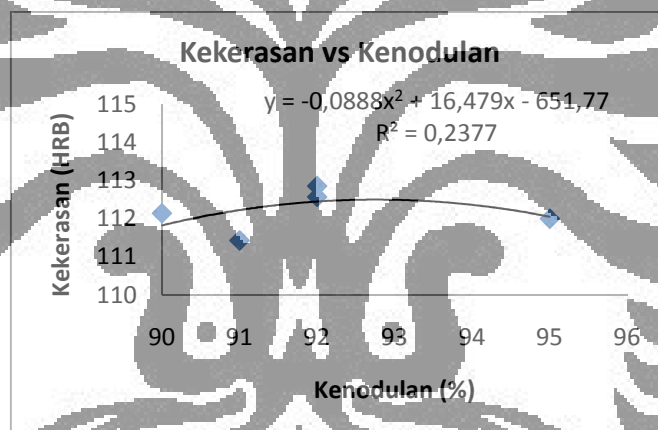


Gambar 4.8. Pengaruh jumlah nodul terhadap kekerasan TWADI.

b. Kekerasan terhadap Kenodulan Grafit

Hubungan antara kekerasan dengan kenodulan (*nodularity*) grafit TWADI yang didapatkan dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 4.9. Dari gambar tersebut tampak bahwa kecenderungan pengaruh kenodulan terhadap kekerasan juga mirip dengan pengaruh jumlah nodul terhadap kekerasan, yaitu nilai kekerasan akan meningkat seiring dengan bertambahnya kenodulan grafit TWADI

sampai pada kenodulan tertentu (kenodulan optimum) kemudian nilai kekerasan akan turun meskipun kenodulan bertambah. Pada pelat 2 dan 3 terlihat bahwa kedua pelat tersebut memiliki tingkat kenodulan grafit serta kekerasan yang sama. Persentase perbedaan kenodulan terbesar terdapat pada pelat 1 terhadap pelat 5 yaitu 5,6%, dengan tingkat perbedaan kenodulan tersebut diperoleh perbedaan nilai kekerasan hanya sebesar 0,12%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa perubahan kenodulan grafit hingga 5,6% saja tidak berpengaruh signifikan terhadap kekerasan TWADI. Kenodulan optimum untuk mendapatkan kekerasan maksimum yang diperoleh pada penelitian ini adalah 92%. Apabila kenodulan lebih kecil dari nilai optimum, kekerasan pelat akan bertambah seiring dengan meningkatnya kenodulan. Sedangkan bila kenodulan lebih besar dari kenodulan optimum, kekerasan pelat akan berkurang seiring dengan meningkatnya kenodulan.



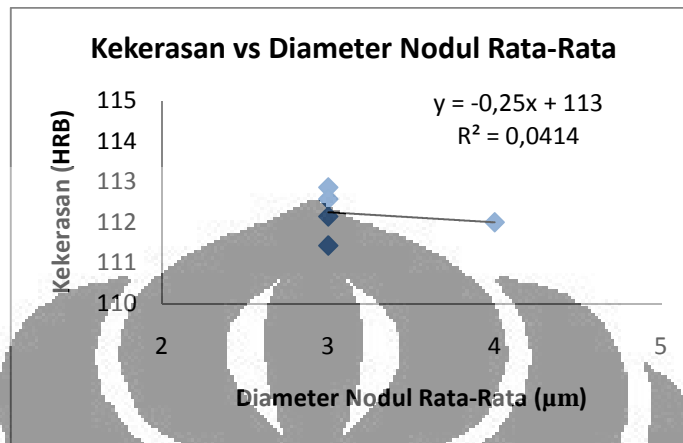
Gambar 4.9. Pengaruh kenodulan grafit terhadap kekerasan TWADI.

c. Kekerasan terhadap Diameter Nodul Rata-rata

Hubungan antara kekerasan dengan diameter nodul rata-rata grafit TWADI yang didapatkan dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 4.10 di bawah ini.

Dari gambar tersebut tampak bahwa dengan ukuran diameter nodul yang sama diperoleh tingkat kekerasan yang berbeda meskipun perbedaan tingkat kekerasan yang dihasilkan tidaklah besar, yaitu hanya 1%. Pada pelat 1 sampai 4 tampak bahwa seluruh pelat memiliki diameter nodul rata-rata yang sama, tingkat kekerasannya pun relatif sama. Persentase perbedaan diameter nodul rata-rata

terbesar terdapat pada pelat 5 terhadap pelat lainnya yaitu 33,3% namun perbedaan nilai kekerasan antara kedua pelat tersebut maksimal hanya sebesar 1,3%. Diameter nodul rata-rata optimum untuk mendapatkan kekerasan maksimum yang diperoleh pada penelitian ini adalah 3 μm .



Gambar 4.10. Pengaruh diameter nodul rata-rata grafit terhadap kekerasan TWADI.

4.5.2 Pengujian Tarik

4.5.2.1 Kekuatan Tarik

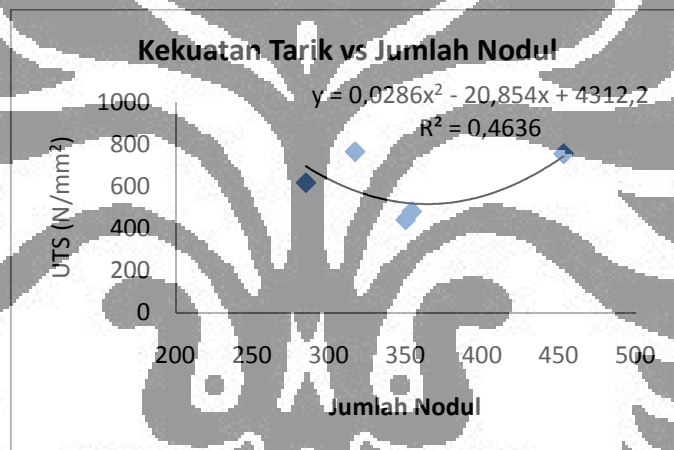
Data mengenai jumlah nodul, kenodulan, diameter nodul rata-rata dan sifat-sifat mekanis tiap TWADI yang diperoleh pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 4.3. Keuletan ADI dipengaruhi oleh bentuk dan distribusi nodul pada matriksnya. Sifat-sifat mekanis akan meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran nodul. Inisiasi perpatahan ADI pada saat diberikan tegangan dapat terjadi melalui kerusakan (*fracture*) pada nodul grafit, luluh dan deformasi plastis pada nodul grafit, ikatan antara matriks dan grafit terjadi sobek sehingga terbentuk retakan^[20].

Tabel 4.3. Data jumlah nodul, kenodulan, diameter nodul rata-rata dan kekuatan tarik tiap sampel TWADI.

TWADI	Nodule Count	Nodularity	D average	UTS			Elongation
	(nodule/mm ²)	(%)	(μm)	(Kg/mm ²)	(Ksi)	(MPa)	(%)
1	1113	85	12	78	111	765	1
2	1235	86	11	45	64	441	0,5
3	1292	87	10	63	90	618	0,5
4	1267	89	9	77	110	755	1
5	1413	87	10	49	70	481	0,5
Rata-rata TWADI				62	89	612	0,7

a. Kekuatan Tarik terhadap Jumlah Nodul

Hubungan antara kekuatan tarik (*tensile strength*) dan jumlah nodul (*nodule count*) dari tiap pelat ditunjukkan dengan gambar 4.11 di bawah ini. Keough mengatakan bahwa secara umum, semakin tinggi jumlah nodul maka sifat-sifat mekanis akan semakin baik namun terdapat rentang jumlah nodul tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat mekanis yang optimum. Jumlah nodul secara langsung tidak berpengaruh terhadap sifat-sifat kekuatan tarik, namun berpengaruh terhadap mikrostruktur. Pada besi tuang, semakin tinggi jumlah nodul, kandungan pearlite akan berkurang sehingga menurunkan kekuatan dan elongasi. Di sini lain semakin tinggi jumlah nodul akan menurunkan kandungan karbida sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik, keuletan dan kemampuan permesinan^[11].



Gambar 4.11. Pengaruh jumlah nodul terhadap kekuatan tarik TWADI.

Dari gambar 4.11 tampak bahwa kekuatan tarik maksimum (UTS) berkurang cukup besar (42%) dari pelat 1 ke pelat 2 meskipun penurunan jumlah nodul hanya 10%. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa kecenderungan pengaruh jumlah nodul terhadap kekuatan tarik TWADI yang diperoleh pada penelitian ini menyatakan bahwa kekuatan tarik akan meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah nodul sampai pada jumlah nodul tertentu kemudian kekuatan tarik akan mengalami penurunan apabila jumlah nodul telah melewati jumlah optimumnya. Persentase perbedaan UTS terkecil pada penelitian ini yaitu 1,3%, terdapat pada pelat 1 dan 4 dengan perbedaan jumlah nodul sebesar 43%. Sedangkan Persentase perbedaan UTS terbesar yang diperoleh yaitu 71%, terdapat

pada pelat 2 terhadap pelat 4 dengan perbedaan jumlah nodul sebesar 29%. Pada pelat yang memiliki perbedaan jumlah nodul terbesar (27% pada pelat 1 dan 5), perbedaan kekuatan tarik juga terjadi cukup besar, yaitu 37%.

Keough mengatakan bahwa jumlah nodul pada besi ulet secara langsung tidak berpengaruh terhadap sifat-sifat kekuatan tarik, namun berpengaruh terhadap mikrostruktur besi tuang nodular yang mana berperan penting terhadap sifat-sifat material^[11]:

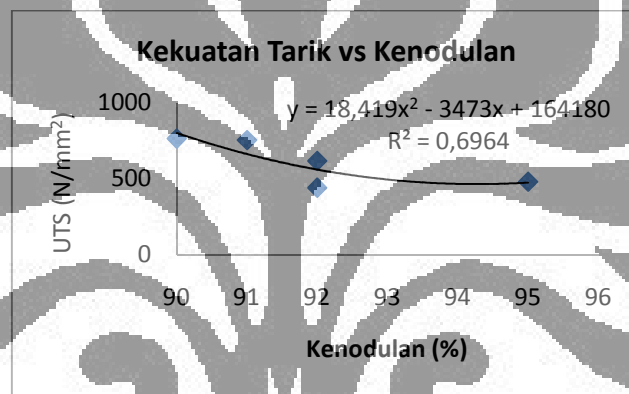
b. Kekuatan Tarik terhadap Kenodulan

Hubungan antara kekuatan tarik (*tensile strength*) dan kenodulan (*nodularity*) dari tiap pelat ditunjukkan pada gambar 4.12. Keough mengatakan bahwa kenodulan grafit berperan penting terhadap sifat-sifat besi tuang nodular. Morfologi grafit yang tidak berbentuk bulat (*non-spherical*) akan menurunkan kenodulan dan berpengaruh pada kekuatan luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*) besi tuang nodular. Bentuk grafit yang tidak bulat (*non-spherical graphite*) menjadi inisiasi kegagalan fatik (*fatigue failure*) pada besi tuang nodular tanpa takik sedangkan pada besi tuang nodular dengan takik (*notched*) inisiasi retak terjadi pada takik^[11]. Oleh karena proses austempering tidak mengubah jumlah dan morfologi nodul grafit^[36], maka pengaruh jumlah dan morfologi nodul grafit terhadap sifat-sifat mekanis ADI pun tidak mengalami perubahan.

Dari gambar 4.12 tampak bahwa kekuatan tarik maksimum (UTS) berkurang cukup besar (19%) pada pelat 1 ke pelat 3 meskipun penurunan kenodulan hanya sekitar 2%. Persentase perbedaan UTS terbesar (71%) pun diperoleh pada pelat 2 dan 4 dengan perbedaan kenodulan hanya sebesar 1%. Pada pelat yang memiliki perbedaan kenodulan terbesar (6% pada pelat 1 dan 5), perbedaan kekuatan tarik terjadi cukup signifikan, yaitu sebesar 37%. Dari gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa perbedaan kenodulan grafit pada TWADI memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik meskipun perbedaan kenodulan yang terjadi cukup kecil, yaitu hanya 1%.

Dari grafik pada gambar 4.12 tersebut dapat diketahui bahwa kecenderungan pengaruh kenodulan terhadap kekuatan tarik TWADI yang

diperoleh pada penelitian ini menyatakan bahwa kekuatan tarik akan berkurang seiring dengan bertambahnya kenodulan. Seharusnya semakin besar persentase kenodulan grafit maka kekuatan tarik juga semakin tinggi^[11]. Namun pada penelitian ini, saat kenodulan meningkat dari 90% ke 95% terjadi penurunan kekuatan tarik. Ketidaksiesuaian ini kemungkinan disebabkan oleh adanya retak mikro (*microcrack*) atau akibat dari kenodulan yang rendah pada sampel sehingga retak mikro tersebut akan menginisiasi perpatahan material. Adanya retak mikro pada sampel ini dapat dikuatkan dengan terjadinya perpatahan sampel uji tarik tidak pada *gauge length*. Bentuk grafit yang tidak bulat (kenodulan rendah) bias juga menjadi inisiasi kegagalan pada sampel sehingga dihasilkan profil kenodulan terhadap kekuatan tarik sebagaimana pada gambar 4.12 di bawah ini.



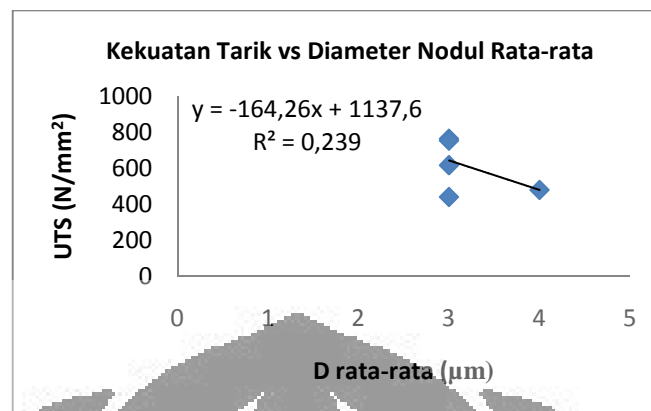
Gambar 4.12. Pengaruh kenodulan terhadap kekuatan tarik TWADI.

c. Kekuatan Tarik terhadap Diameter Nodul Rata-rata

Hubungan antara kekuatan tarik (*tensile strength*) dan diameter nodul rata-rata pada tiap pelat ditunjukkan pada gambar 4.13 di bawah ini. Dari gambar tersebut tampak bahwa kekuatan tarik maksimum (UTS) berkurang sangat besar (71%) pada pelat 2 ke pelat 4 meskipun tidak ada perubahan dari diameter nodul. Persentase perbedaan UTS terkecil (1,3%) pada penelitian ini juga diperoleh pada pelat yang memiliki diameter nodul yang sama (pelat 1 dan 4), yaitu dari 3 μm . Perbedaan diameter nodul terbesar adalah 33%, menghasilkan perubahan UTS yang sangat juga cukup signifikan, yaitu antara 22% - 37%.

Dari gambar 4.13 tersebut dapat diketahui bahwa kecenderungan pengaruh diameter nodul terhadap kekuatan tarik TWADI yang diperoleh pada penelitian

ini menyatakan bahwa kekuatan tarik akan berkurang seiring dengan bertambahnya diameter nodul.



Gambar 4.13. Pengaruh diameter nodul rata-rata terhadap kekuatan tarik TWADI.

4.5.2.2 Elongasi

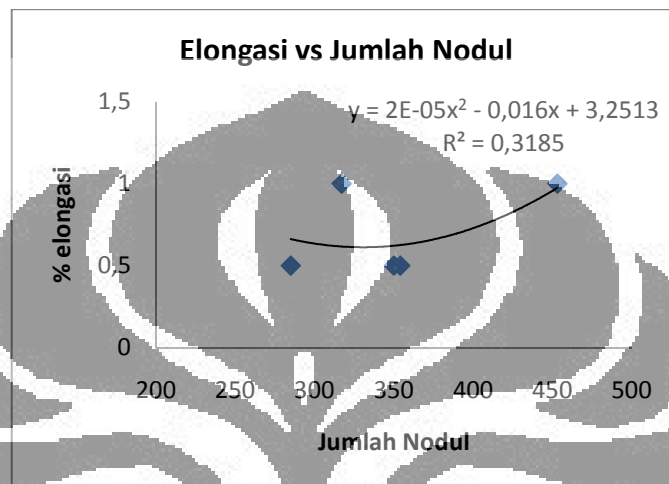
Dari hasil pengujian tarik yang dilakukan menunjukkan bahwa TWADI memiliki elongasi yang kecil (0,5-1%), elongasi rata-rata elongasi yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah 0,7%. Pada tabel 4.5 ditunjukkan bahwa pelat 1 dan 4 memiliki elongasi terbesar (1%) dibandingkan dengan pelat lainnya, yaitu hanya 0,5% (lihat tabel 4.5).

a. Elongasi terhadap Jumlah Nodul

Hubungan antara elongasi dan jumlah nodul pada tiap pelat ditunjukkan pada gambar 4.14 di bawah ini. Dari gambar tersebut tampak bahwa elongasi berkurang hingga 50% pada pelat 3 ke pelat 4 pada saat diameter nodul berkurang antara 10% - 22%. Elongasi sebesar 0,5% diperoleh pada pelat 2,3 dan 5 dengan jumlah nodul per millimeter persegi berturut-turut 350, 285 dan 354. Sedangkan elongasi sebesar 1% diperoleh pada pelat 1 dan 4 dengan jumlah nodul per millimeter persegi berturut-turut 317 dan 453. Pelat 1 dan pelat 4 memiliki perbedaan jumlah nodul sebesar 42% namun elongasi kedua pelat tersebut sama yang mana merupakan elongasi tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini, yaitu 1%. Apabila jumlah nodul pada pelat 1 dan 4 dibandingkan terhadap pelat 2, 3 dan 5 dengan perbedaan jumlah nodul berturut-turut 11%, 16% dan 27%, persentase perbedaan elongasi hingga 100%.

Dari gambar 4.14 tampak bahwa kecenderungan pengaruh jumlah nodul terhadap elongasi yaitu elongasi meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah

nodul. Semakin tinggi jumlah nodul maka sifat-sifat mekanis ADI akan meningkat hingga pada jumlah nodul optimum, meskipun jumlah nodul memberikan pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap sifat-sifat mekanis^[38]. Walaupun pengaruhnya kecil, jumlah nodul grafit harus dipertimbangkan karena pada dasarnya sifat-sifat mekanis ADI merupakan kombinasi dari penyusun struktur mikronya, yaitu matriks, grafit dan karbida.

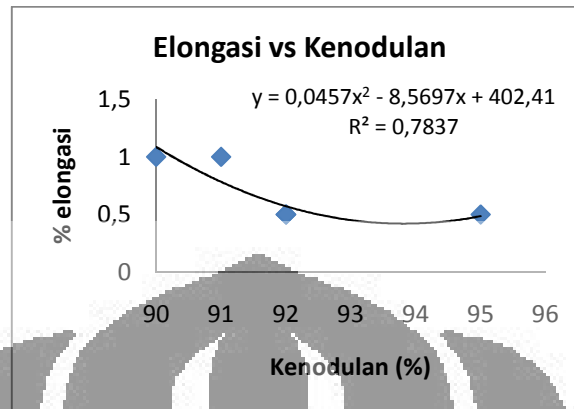


Gambar 4.14. Pengaruh jumlah nodul terhadap elongasi pada TWADI.

b. Elongasi terhadap Kenodulan

Hubungan antara elongasi dan kenodulan (*nodularity*) pada tiap pelat ditunjukkan pada gambar 4.15 di bawah ini. Dari gambar tersebut tampak bahwa kecenderungan pengaruh kenodulan terhadap elongasi yaitu elongasi semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kenodulan. Tampak pada antara pelat 1 dan 3 bahwa kenodulan grafit meningkat sebesar 2% namun elongasi berkurang sebesar 50%. Begitu pula antara pelat 1 dan 5, kenodulan meningkat hingga 6% sedangkan elongasi berkurang 50%. Seharusnya grafik elongasi meningkat seiring dengan meningkatnya persentase kenodulan grafit. Ketidakesesuaian ini kemungkinan disebabkan oleh adanya retak mikro (*microcrack*) pada sampel sehingga retak mikro tersebut akan menginisiasi perpatahan material sebelum sampel mencapai elongasi normal. Adanya retak mikro pada sampel ini dapat dikuatkan dengan terjadinya perpatahan sampel uji tarik tidak pada *gauge length*. Rashidi menyatakan bahwa semakin kecil kenodulan akan menyebabkan penurunan elongasi^[38]. Seluruh pelat memiliki perbedaan kenodulan yang tidak

terlalu besar ($\leq 6\%$) namun perbedaan elongasi yang diperoleh hingga 2 kali lipat. Kenodulan optimum yang diperoleh pada penelitian ini adalah 90% - 91%. Kenodulan grafit di atas 91% akan membuat elongasi semakin berkurang.

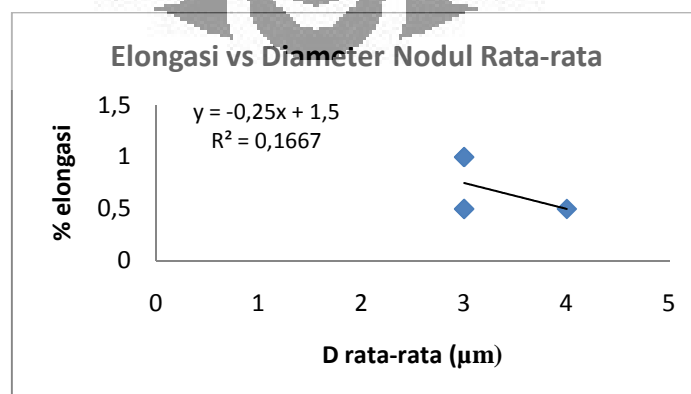


Gambar 4.15. Pengaruh kenodulan terhadap elongasi TWADI.

c. Elongasi terhadap Diameter Nodul Rata-rata

Hubungan antara elongasi dan diameter nodul rata-rata pada tiap pelat ditunjukkan pada gambar 4.16 di bawah ini. Dari gambar tersebut tampak bahwa antara pelat 1 dan 3 terjadi perbedaan elongasi sebesar 50% namun diameter nodul rata-rata kedua pelat tetap sama. Antara pelat 1 dan 5 juga terdapat penurunan persen elongasi sebesar 50% dengan adanya peningkatan diameter nodul rata-rata sebesar 33%. Sedangkan pelat 3 dan 5 memiliki persen elongasi yang sama namun diameter nodul kedua pelat tersebut terdapat perbedaan 33%. Diameter nodul optimum yang diperoleh dari penelitian ini adalah 3 μm .

Dari gambar 4.16 tampak bahwa kecenderungan pengaruh diameter nodul rata-rata terhadap elongasi yaitu persen elongasi akan turun seiring dengan bertambahnya diameter nodul rata-rata grafit TWADI.



Gambar 4.16. Pengaruh diameter nodul rata-rata terhadap elongasi TWADI.

BAB 5

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh morfologi dan jumlah nodul grafit terhadap sifat-sifat mekanis pada besi ulet austemper dinding tipis (TWADI). Adapun hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Proses austempering yang dilakukan terhadap TWADI pada penelitian ini menghasilkan perubahan matriks dari ferrite menjadi ausferrite dan bainitic ferrite.
2. TWADI yang diperoleh pada penelitian ini memiliki ketebalan antara 2,1-2,7 mm, jumlah nodul (*nodule count*) 285-453 nodul/mm², kenodulan (*nodularity*) 90-95%, diameter nodul 3-4 μm . Diperoleh rata-rata kekerasan 351-379 BHN, kekuatan tarik 441-765 N/mm² dan elongasi 0,5-1%. Mode perpatahan uji tarik menunjukkan bahwa TWADI ini bersifat getas.
3. Peningkatan jumlah nodul, kenodulan dan diameter nodul maksimum berturut-turut hingga 59%, 6% dan 33% tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan namun berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik di mana kekuatan tarik maksimum mengalami peningkatan hingga 71% dan elongasi 1%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schrems, K.K dkk, *Statistical Analysis of the Mechanical Properties of Thin-walled Ductile Iron Casting*. SAE Technical Paper. Michigan. 2003.
- [2] www.aditreatments.com, download 07/5/2010.
- [3] A.A. Nofal dan L. Jekova. *Novel Processing Techniques and Application of Austempered Ductile Iron (Review)*. Cairo – Egypt. 2009.
- [4] D.M, Stefanescu dkk. *Tensile Properties of Thin Wall Ductile Iron*. University of Alabama. Birmingham. 2002.
- [5] Caldera, dkk. *Materials Science and Technology*. 2007.
- [6] Mourad, Mohamed M dkk. *Optimizing the Properties of Thin Wall Austempered Ductile Iron*. 68th World Foundry Congress. Cairo - Egypt. 2008.
- [7] Figueroa, M dkk. *Impact Strength of Thin Wall Ductile Iron with Dual Matrix Structure*. Mexico. 2008.
- [8] M.D. Echeverría dan Simison. *Surface Rectivity of Thin Wall Ductile Iron. The Effect of Nodule Count and Microstructure*. Mechanical Technology Group; A.D. INTEMA; S.N. 2008.
- [9] ASM Handbook. *Heat Treating : Volume 4*. ASM International Metal Park. 1990.
- [10] Martínez, dkk, *Applications of ADI in high strength thin wall automotive parts*. *World Conference on ADI*. National University of Mar del Plata. 2002.
- [11] www.ductile.org, Section III dan Section IV. download 07/6/2010
- [12] M.D. Echeverría dan Simison. *Surface Rectivity of Thin Wall Ductile Iron. The Effect of Nodule Count and Microstructure*. Mechanical Technology Group; A.D. INTEMA; S.N. 2008.
- [13] Ruxanda, F.E dkk, *Microstructure Characterization of Ductile Thin Wall Iron Casting*. AFS Transaction. 02(177), 2002.
- [14] www.advancedcast.com, download 19/10/2009
- [15] ADI Treatments Ltd. Australia, Maret 2004.

- [16] Gur, C. Hakan. *Investigating the Austempering Parameters of Ductile Iron by Magnetic Barkhausen Noise Technique*. 17th World Conference on Nondestructive Testing. Shanghai – China. 2008.
- [17] Raharjo, Wahyu Purwo. *Pengaruh Temperatur dan Waktu Austempering terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Besi Cor Nodular FCD 45*. Universitas Sebelas Maret Surakarta. 2006.
- [18] Alp, T dan A.A. Wazzan. *Microstructure-Property Relationship in Cast Iron*. Arab Saudi. 2005.
- [19] Sheikh, M. Ashraf. *Effects of Heat Treatment and Alloying Elements on Characteristics of Austempered Ductile Iron*. Pakistan. 2008.
- [20] Achary, J. *Tensile Properties of Austempered Ductile Iron under Thermomechanical Treatment*. Fort Wayne. 1999.
- [21] Edhi, Tenior Very. *Pengaruh Transfer Time pada Proses Austempering terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan Material Besi Tuang Kelabu Grade 250*. Institut Teknologi Surabaya. 2008.
- [22] www.highbeam.com, download 15 Mei 2010.
- [23] Kurbatov, V. P. dan V. I. Muravev. *Quenching Tool Steels in a Fluidized Bed*. New York. 1970.
- [24] Heat Treater's Guide Practices and Procedures for Iron and Steel. ASM International. 1995.
- [25] Dinunsi, A. *Advances in Fluidized Bed Quenching*, p 71, ASM Conference Proceeding, Quenching and Distortion Control, ASM International, 1992.
- [26] George E. Totten. *Steel Heat Treatment Equipment and Process Design – 2nd Edition*. New York – USA: CRC Press. 2007.
- [27] ASM Handbook. *Casting : Volume 15*. Ohio : ASM International Metal Park. 1990.
- [28] Javaid, Amjad dkk. *Modern Casting : Mechanical properties in thin-wall ductile iron casting*. Ottawa - Canada. 2000.
- [29] Buku Pedoman Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia, Depok. 2008.

- [30] Sulamet-Ariobimo, R. D., *Austempered Ductile Iron Production Technology from Based Material Produced by Ferro-Casting Industry in Indonesia*. Rockhampton, Australia : Central Queensland University. 2003.
- [31] D.M, Stefanescu dan Ruxanda R., *Lightweight iron castings-can they replace aluminum castings?*, Proceedings of the 65th World Foundry Congress. Gyeongju-Korea. 2002.
- [32] Brandenburg, Kristin. *Machining Austempered Ductile Iron*. Livonia-MI. Vol. 128 No.5. 2002.
- [33] Laboratorium PT Geteka Founindo
- [34] Tun, Thien. *Optimizing the Microstructure and Mechanical Properties of Austempered Ductile Iron for Automobile Differential Gear*. Myanmar. 2008.
- [35] Harding, R.A. *The Production, Properties and Automotive Applications of Austempered Ductile Iron*. United Kingdom. 2006.
- [36] Sulamet-Ariobimo, R. D., *Austempered Ductile Iron sebagai Material Unggulan*. Universitas Trisakti, Jakarta. 2000.
- [37] ASM Handbook. *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys : Volume 1*. ASM International Metal Park. 1990.
- [38] Rashidi, Mohd. *The Effect of Nodularisation Parameters on the Quality of Ductile Iron*. Malaysia. 2006.
- [39] Corobbo, Marco Dal. Master Thesis: *Evaluation of Impact and Fatigue properties of Austempered Ductile Iron*. Sweden. 2009.
- [40] Davis, J.R. *ASM Specialty Handbook: Cast Iron*. USA. 1996.
- [41] Voort, George F.V. *Atlas of Time-Temperature Diagrams for Iron and Steel*. USA. 1991.



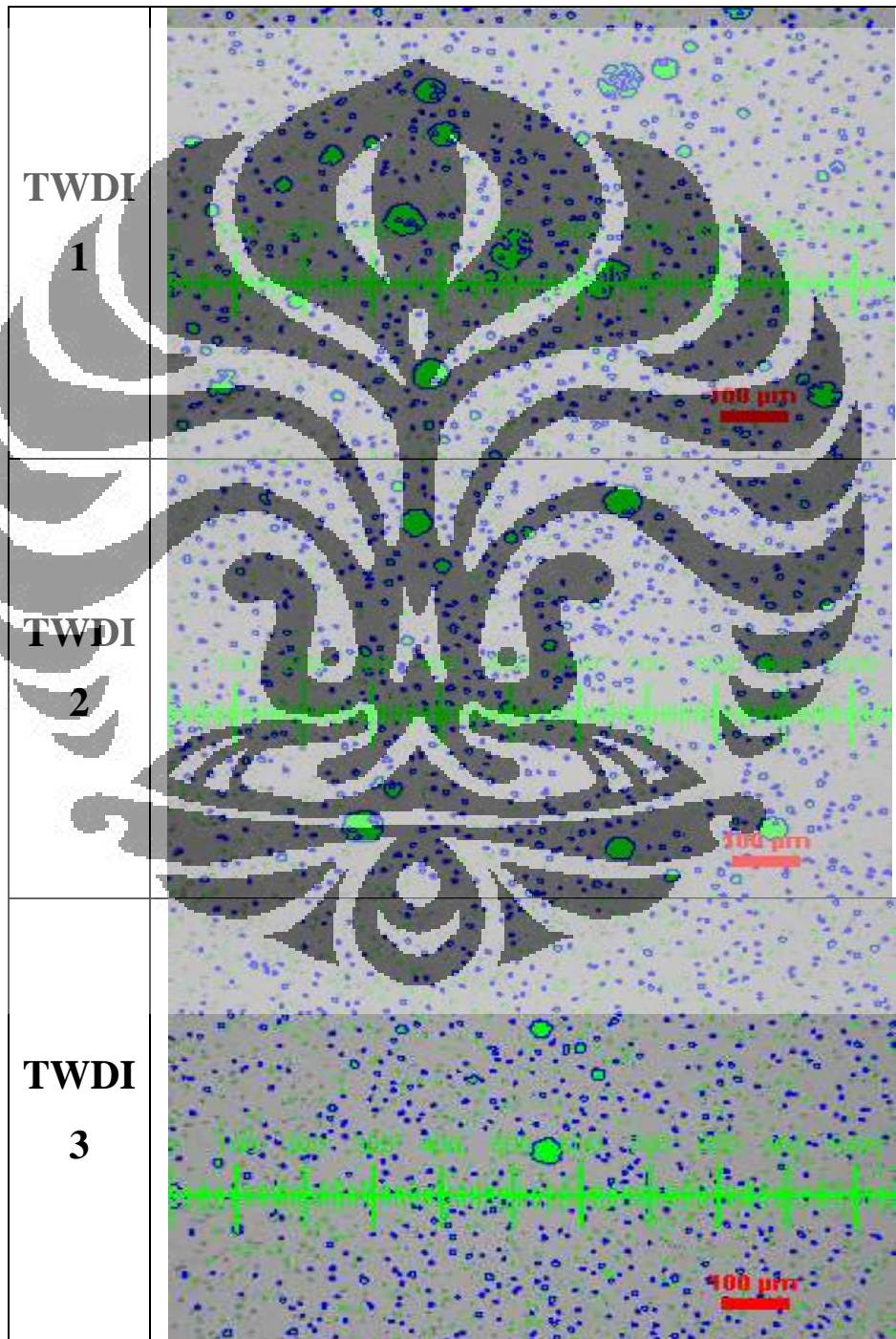
LAMPIRAN 1

Struktur mikro TWDI dan TWADI

Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWDI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

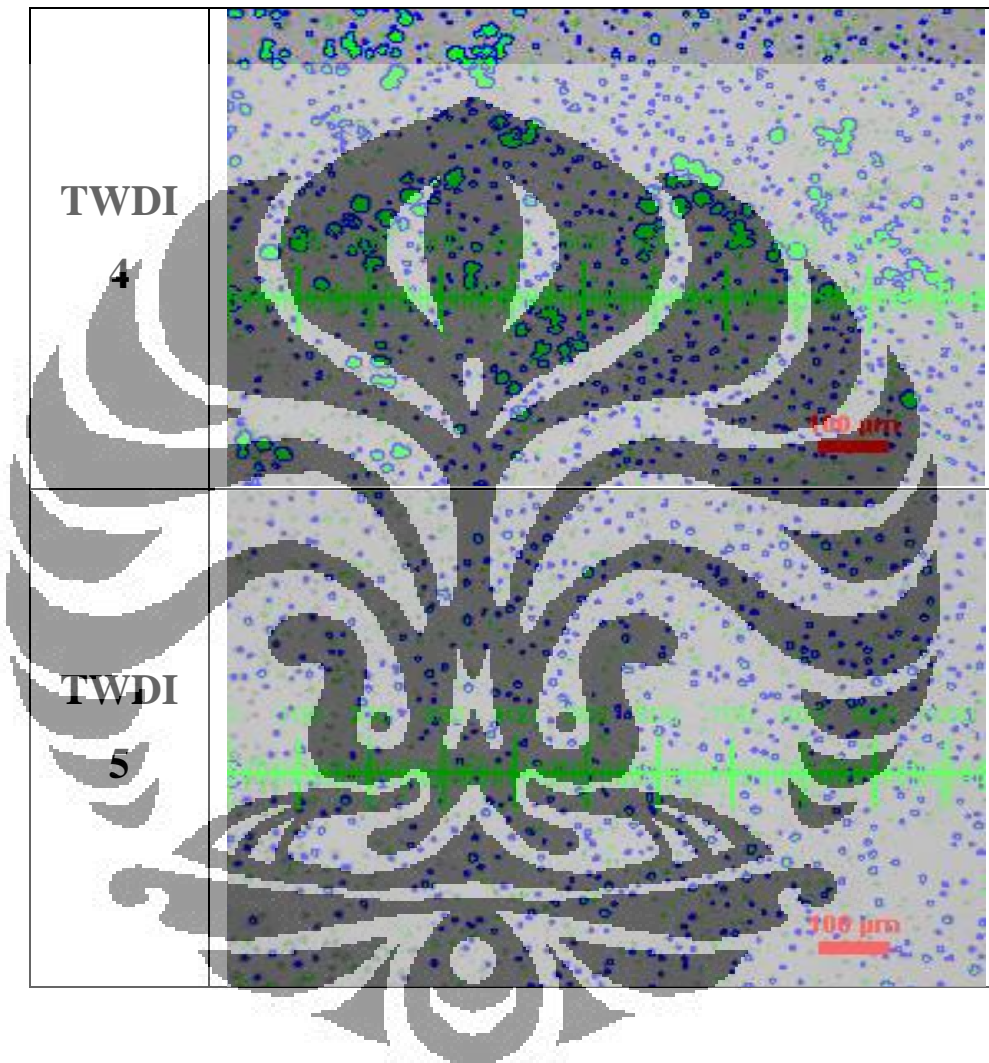
Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.



Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWDI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

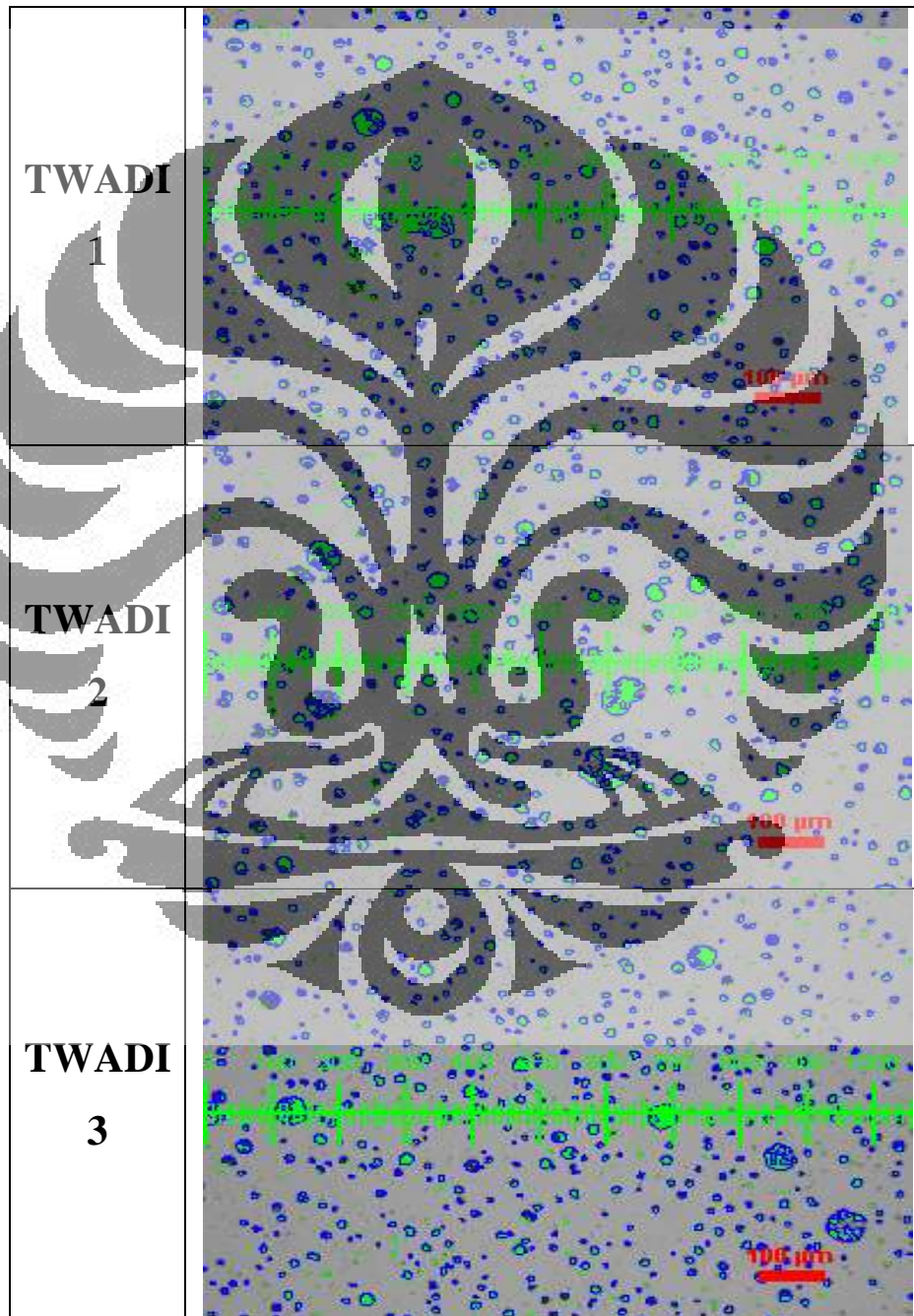
Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.



Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWADI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

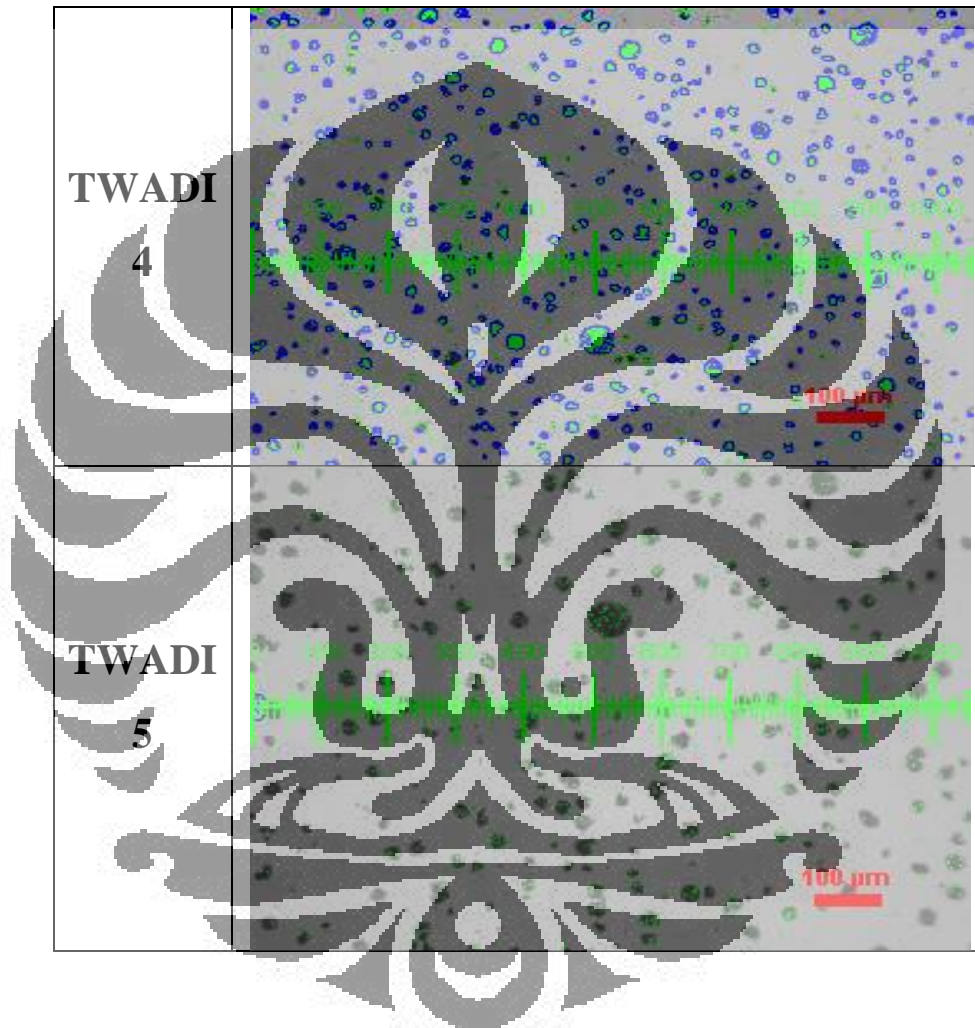
Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.



Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWADI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

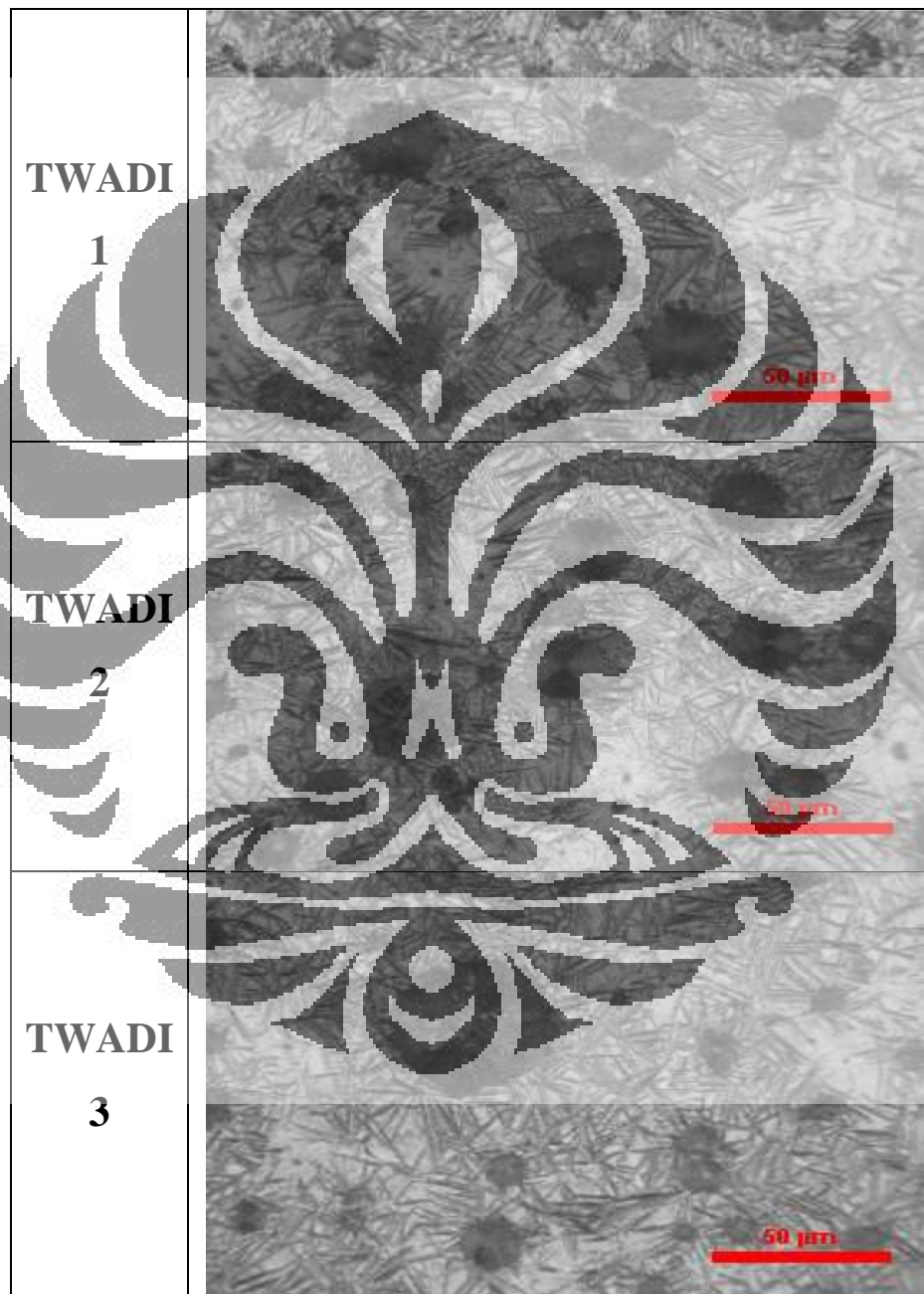
Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.



Gambar Struktur Mikro TWADI Hasil Austempering

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

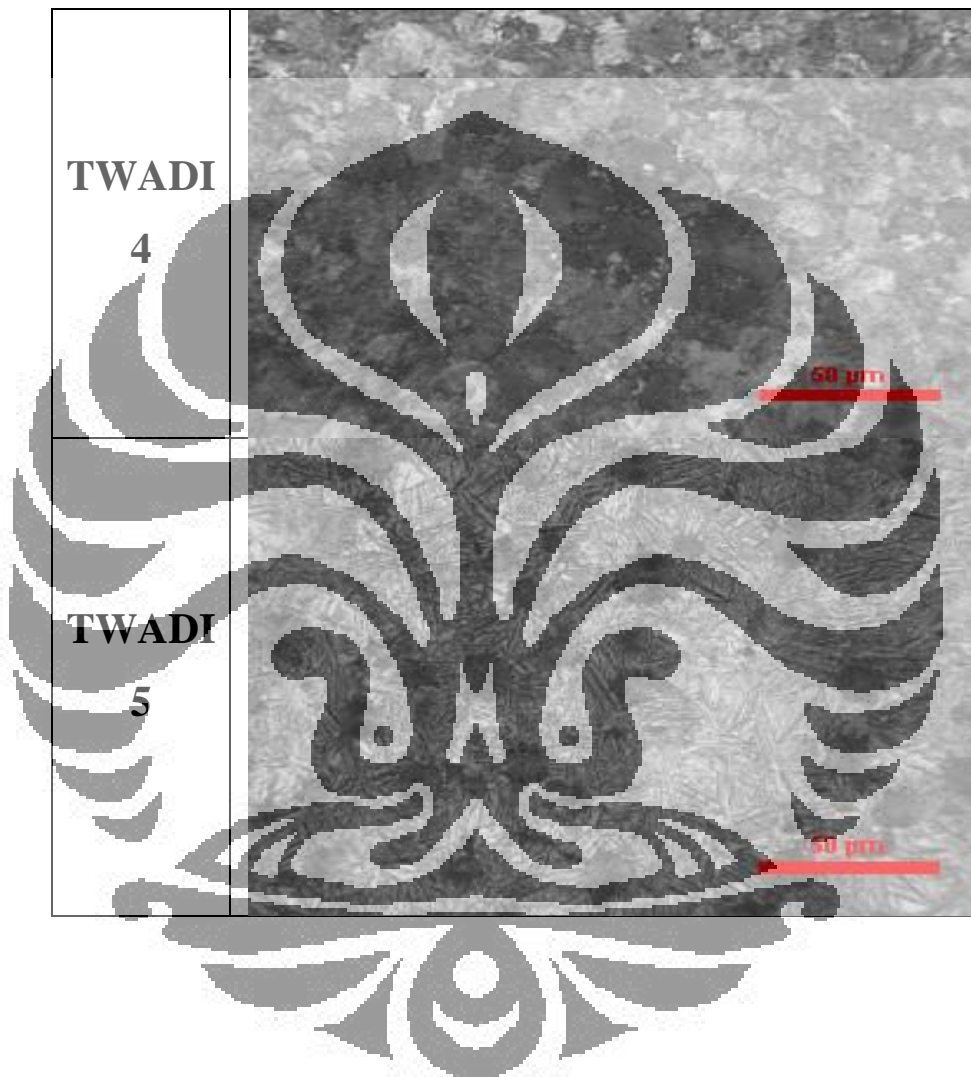
Perbesaran foto struktur mikro: 500x, etsa: nital 2%.



Gambar Struktur Mikro TWADI Hasil Austempering

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

Perbesaran foto struktur mikro: 500x, etsa: nital 2%.





**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual
TWDI 1**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
	3,46		1	2,46	246		
	3,3		1	2,3	230		
	3,09		1	2,09	209		
	2,47		1	1,47	147		
	2,16		1	1,16	116		
	2,24		1	1,24	124		
	2,28		1	1,28	128		
	2,5		1	1,5	150		
	2,03		1	1,03	103		
	2,4		1	1,4	140		
	2,39		1	1,39	139		
	2,24		1	1,24	124		
	2,54	2,7195833	1	1,54	154	1,719583	171,9583
	2,42		1	1,42	142		
	2,39		1	1,39	139		
	2,51		1	1,51	151		
	2,66		1	1,66	166		
	2,72		1	1,72	172		
	2,87		1	1,87	187		
	3,09		1	2,09	209		
	3,13		1	2,13	213		
	3,37		1	2,37	237		
	3,16		1	2,16	216		
	3,85		1	2,85	285		

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual
TWDI 2**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
2	2,08	2,0858333	1	1,08	108	1,085833	108,5833
	2		1	1	100		
	2,05		1	1,05	105		
	2,14		1	1,14	114		
	2		1	1	100		
	2,09		1	1,09	109		
	2,46		1	1,46	146		
	2,87		1	1,87	187		
	2,88		1	1,88	188		
	2,81		1	1,81	181		
	2,61		1	1,61	161		
	2,57		1	1,57	157		
	2,04		1	1,04	104		
	1,91		1	0,91	91		
	1,79		1	0,79	79		
	1,95		1	0,95	95		
	1,83		1	0,83	83		
	1,99		1	0,99	99		
	1,98		1	0,98	98		
	2,15		1	1,15	115		
1,6	1	0,6	60				
1,48	1	0,48	48				
1,41	1	0,41	41				
1,37	1	0,37	37				

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual
TWDI 3**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
3	2,25	2,3091667	1	1,25	125	1,309167	130,9167
	2,11		1	1,11	111		
	2		1	1	100		
	2		1	1	100		
	2,19		1	1,19	119		
	2,56		1	1,56	156		
	2,49		1	1,49	149		
	2,52		1	1,52	152		
	2,13		1	1,13	113		
	2,34		1	1,34	134		
	2,44		1	1,44	144		
	2,47		1	1,47	147		
	2,6		1	1,6	160		
	2,51		1	1,51	151		
	2,29		1	1,29	129		
	2,12		1	1,12	112		
	1,95		1	0,95	95		
	2,27		1	1,27	127		
	2,45		1	1,45	145		
	2,49		1	1,49	149		
2,07	1	1,07	107				
2,38	1	1,38	138				
2,32	1	1,32	132				
2,47	1	1,47	147				

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual
TWDI 4**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
4	1,9	2,1508333	1	0,9	90	1,150833	115,0833
	2,29		1	1,29	129		
	2,08		1	1,08	108		
	2,22		1	1,22	122		
	2,16		1	1,16	116		
	2,2		1	1,2	120		
	2,46		1	1,46	146		
	2,3		1	1,3	130		
	2,14		1	1,14	114		
	2,07		1	1,07	107		
	2,17		1	1,17	117		
	2,21		1	1,21	121		
	2,42		1	1,42	142		
	2,39		1	1,39	139		
	2,53		1	1,53	153		
	2,36		1	1,36	136		
	2,2		1	1,2	120		
	2,08		1	1,08	108		
	1,91		1	0,91	91		
	1,98		1	0,98	98		
1,93	1	0,93	93				
1,94	1	0,94	94				
1,81	1	0,81	81				
1,87	1	0,87	87				

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual
TWDI 5**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
5	2,17	2,1512	1	1,17	117	1,1512	115,12
	2,1		1	1,1	110		
	2,16		1	1,16	116		
	2,16		1	1,16	116		
	2,37		1	1,37	137		
	2,38		1	1,38	138		
	2,33		1	1,33	133		
	2,29		1	1,29	129		
	2,09		1	1,09	109		
	2,09		1	1,09	109		
	2,07		1	1,07	107		
	2,01		1	1,01	101		
	2,09		1	1,09	109		
	2,39		1	1,39	139		
	2,12		1	1,12	112		
	2,39		1	1,39	139		
	2,38		1	1,38	138		
	2,21		1	1,21	121		
	2,13		1	1,13	113		
	2,23		1	1,23	123		
2,32	1	1,32	132				
1,77	1	0,77	77				
1,86	1	0,86	86				
1,84	1	0,84	84				
1,83	1	0,83	83				

A large, stylized, symmetrical decorative graphic in the background, resembling a traditional Indonesian motif or a stylized floral design. It is rendered in a light gray color and serves as a backdrop for the text.

LAMPIRAN 3

Data Hasil Perhitungan

**Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata
TWDI dengan software NIS-Elements**

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWDI 1**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	1	5,42	2,63	1	101,5
2.	Merged	1	6	10,85	3,72	0,954	106,25
3.	Merged	1	8	5,42	2,63	1	122,5
4.	Merged	1	13	5,42	2,63	1	74,5
5.	Merged	1	17	10,85	3,72	0,954	64,75
6.	Merged	1	22	8,14	3,22	1	90
7.	Merged	1	23	10,85	3,72	1	65,5
8.	Merged	1	25	16,27	4,55	1	98,83
9.	Merged	1	26	5,42	2,63	1	89,5
10.	Merged	1	31	10,85	3,72	1	77
11.	Merged	1	32	5,42	2,63	1	72
12.	Merged	1	39	8,14	3,22	1	65,67
13.	Merged	1	44	16,27	4,55	1	76,5
14.	Merged	1	45	8,14	3,22	1	70,33
15.	Merged	1	46	2,71	1,86	1	74
16.	Merged	1	49	10,85	3,72	0,823	64,75
17.	Merged	1	50	10,85	3,72	1	81,5
18.	Merged	1	54	18,99	4,92	1	95,29
19.	Merged	1	55	8,14	3,22	1	78,33
20.	Merged	1	56	18,99	4,92	1	83,71
21.	Merged	1	59	8,14	3,22	1	76
22.	Merged	1	62	5,42	2,63	1	88,5
23.	Merged	1	66	13,56	4,16	0,85	89,6
24.	Merged	1	67	5,42	2,63	1	80
25.	Merged	1	70	16,27	4,55	1	86,5
26.	Merged	1	71	13,56	4,16	1	123
27.	Merged	1	75	16,27	4,55	0,763	78,67
28.	Merged	1	79	8,14	3,22	1	69
29.	Merged	1	80	5,42	2,63	1	69
30.	Merged	1	81	5,42	2,63	1	82
31.	Merged	1	84	2,71	1,86	1	79
32.	Merged	1	85	16,27	4,55	1	63,33
33.	Merged	1	88	16,27	4,55	1	99
34.	Merged	1	95	13,56	4,16	1	66,2
35.	Merged	1	99	8,14	3,22	0,9	65,33
36.	Merged	1	100	5,42	2,63	1	87
37.	Merged	1	102	18,99	4,92	1	71
38.	Merged	1	118	18,99	4,92	1	70,14
39.	Merged	1	119	13,56	4,16	0,971	85,8
40.	Merged	1	121	5,42	2,63	1	84,5
41.	Merged	1	131	13,56	4,16	1	74,4
42.	Merged	1	132	5,42	2,63	1	85
43.	Merged	1	133	18,99	4,92	1	64,57
44.	Merged	1	145	16,27	4,55	1	82,17
45.	Merged	1	146	8,14	3,22	1	67
46.	Merged	1	148	13,56	4,16	0,75	75,2

(lanjutan)

47.	Merged	1	153	18,99	4,92	0,89	79
48.	Merged	1	156	18,99	4,92	1	69,71
49.	Merged	1	163	13,56	4,16	0,971	85,2
50.	Merged	1	164	2,71	1,86	1	71
51.	Merged	1	166	5,42	2,63	1	88,5
52.	Merged	1	173	2,71	1,86	1	117
53.	Merged	1	176	18,99	4,92	0,798	67,29
54.	Merged	1	183	13,56	4,16	1	81,2
55.	Merged	1	188	8,14	3,22	1	65,33
56.	Merged	1	189	10,85	3,72	0,954	59,5
57.	Merged	1	190	13,56	4,16	1	68,8
58.	Merged	1	193	16,27	4,55	1	74,67
59.	Merged	1	194	10,85	3,72	0,954	87,75
60.	Merged	1	200	16,27	4,55	0,9	73,33
61.	Merged	1	202	13,56	4,16	1	84,2
62.	Merged	1	204	2,71	1,86	1	114
63.	Merged	1	205	18,99	4,92	1	79,57
64.	Merged	1	207	2,71	1,86	1	78
65.	Merged	1	213	13,56	4,16	0,85	73,6
66.	Merged	1	215	2,71	1,86	1	84
67.	Merged	1	218	18,99	4,92	1	75,86
68.	Merged	1	222	2,71	1,86	1	77
69.	Merged	1	228	10,85	3,72	0,954	72,5
70.	Merged	1	235	5,42	2,63	1	80
71.	Merged	1	236	5,42	2,63	1	80,5
72.	Merged	1	239	13,56	4,16	1	78,8
73.	Merged	1	243	16,27	4,55	1	96,67
74.	Merged	1	244	18,99	4,92	0,933	60,14
75.	Merged	1	247	2,71	1,86	1	84
76.	Merged	1	258	16,27	4,55	0,9	57,67
77.	Merged	1	260	5,42	2,63	1	115
78.	Merged	1	270	8,14	3,22	1	72,67
79.	Merged	1	273	13,56	4,16	1	87,4
80.	Merged	1	274	18,99	4,92	0,933	74,29
81.	Merged	1	282	2,71	1,86	1	74
82.	Merged	1	283	16,27	4,55	1	89,33
83.	Merged	1	285	18,99	4,92	1	68,71
84.	Merged	1	291	10,85	3,72	1	82,25
85.	Merged	1	293	5,42	2,63	1	77
86.	Merged	1	306	2,71	1,86	1	79
87.	Merged	1	312	8,14	3,22	1	82
88.	Merged	1	314	13,56	4,16	1	69,2
89.	Merged	1	317	10,85	3,72	1	76,5
90.	Merged	1	319	5,42	2,63	1	64,5
91.	Merged	1	321	8,14	3,22	1	81
92.	Merged	1	325	16,27	4,55	1	72,5
93.	Merged	1	326	8,14	3,22	1	68
94.	Merged	1	328	18,99	4,92	1	67,14
95.	Merged	1	332	18,99	4,92	0,89	62
96.	Merged	1	333	16,27	4,55	1	82
97.	Merged	1	334	10,85	3,72	0,954	54,75
98.	Merged	1	339	16,27	4,55	1	72,5
99.	Merged	1	347	8,14	3,22	1	80

(lanjutan)

100.	Merged	1	351	5,42	2,63	1	87
101.	Merged	1	352	5,42	2,63	1	116,5
102.	Merged	1	359	2,71	1,86	1	79
103.	Merged	1	365	16,27	4,55	1	75
104.	Merged	1	376	10,85	3,72	1	69,5
105.	Merged	1	395	16,27	4,55	0,9	58,17
106.	Merged	1	401	18,99	4,92	0,933	71,86
107.	Merged	1	404	13,56	4,16	1	71,8
108.	Merged	1	406	10,85	3,72	1	111,25
109.	Merged	1	409	16,27	4,55	1	81,67
110.	Merged	1	411	2,71	1,86	1	59
111.	Merged	1	416	13,56	4,16	1	94
112.	Merged	1	423	18,99	4,92	1	91,43
113.	Merged	1	428	10,85	3,72	0,954	71,5
114.	Merged	1	431	10,85	3,72	1	77,5
115.	Merged	1	432	2,71	1,86	1	85
116.	Merged	1	434	16,27	4,55	1	73,17
117.	Merged	1	443	10,85	3,72	1	71,75
118.	Merged	1	444	5,42	2,63	1	65
119.	Merged	1	445	10,85	3,72	1	68,25
120.	Merged	1	457	13,56	4,16	1	69,8
121.	Merged	1	463	5,42	2,63	1	70,5
122.	Merged	1	464	2,71	1,86	1	81
123.	Merged	1	465	10,85	3,72	0,954	76,25
124.	Merged	1	467	8,14	3,22	1	58,67
125.	Merged	1	468	13,56	4,16	1	86
126.	Merged	1	469	10,85	3,72	1	71,75
127.	Merged	1	476	2,71	1,86	1	84
128.	Merged	1	478	13,56	4,16	1	77,6
129.	Merged	1	479	8,14	3,22	1	93,67
130.	Merged	1	483	2,71	1,86	1	74
131.	Merged	1	487	2,71	1,86	1	84
132.	Merged	1	496	10,85	3,72	1	64,75
133.	Merged	1	500	13,56	4,16	1	86
134.	Merged	1	507	5,42	2,63	1	120
135.	Merged	1	510	8,14	3,22	1	74,67
136.	Merged	1	518	5,42	2,63	1	94,5
137.	Merged	1	519	16,27	4,55	1	108,5
138.	Merged	1	524	8,14	3,22	1	77,67
139.	Merged	1	526	2,71	1,86	1	85
140.	Merged	1	528	13,56	4,16	0,971	70
141.	Merged	1	529	8,14	3,22	1	80,67
142.	Merged	1	531	2,71	1,86	1	90
143.	Merged	1	536	2,71	1,86	1	81
144.	Merged	1	549	5,42	2,63	1	70,5
145.	Merged	1	550	5,42	2,63	1	91
146.	Merged	1	551	2,71	1,86	1	69
147.	Merged	1	559	2,71	1,86	1	88
148.	Merged	1	562	8,14	3,22	1	76,67
149.	Merged	1	567	10,85	3,72	1	91,5
150.	Merged	1	571	16,27	4,55	1	89,17
151.	Merged	1	575	10,85	3,72	1	106,25
152.	Merged	1	578	10,85	3,72	0,954	82,25

(lanjutan)

153.	Merged	1	580	18,99	4,92	0,89	75,14
154.	Merged	1	587	10,85	3,72	0,823	103
155.	Merged	1	588	10,85	3,72	0,954	80,75
156.	Merged	1	590	13,56	4,16	1	98,8
157.	Merged	1	595	10,85	3,72	1	71
158.	Merged	1	610	18,99	4,92	0,933	70,71
159.	Merged	1	614	10,85	3,72	1	82,75
160.	Merged	1	617	2,71	1,86	1	88
161.	Merged	1	619	10,85	3,72	1	77,25
162.	Merged	1	624	13,56	4,16	1	79,6
163.	Merged	1	627	5,42	2,63	1	69
164.	Merged	1	628	2,71	1,86	1	108
165.	Merged	1	629	16,27	4,55	1	100
166.	Merged	1	635	18,99	4,92	1	67,14
167.	Merged	1	641	2,71	1,86	1	80
168.	Merged	1	642	8,14	3,22	0,9	87
169.	Merged	1	652	5,42	2,63	1	88
170.	Merged	1	662	16,27	4,55	1	80,17
171.	Merged	1	665	2,71	1,86	1	72
172.	Merged	1	674	5,42	2,63	1	72,5
173.	Merged	1	678	8,14	3,22	0,839	89
174.	Merged	1	684	5,42	2,63	1	81,5
175.	Merged	1	687	13,56	4,16	0,85	80
176.	Merged	1	688	16,27	4,55	1	67,67
177.	Merged	1	689	8,14	3,22	1	77,67
178.	Merged	1	703	10,85	3,72	0,954	83
179.	Merged	1	706	5,42	2,63	1	86
180.	Merged	1	707	5,42	2,63	1	125
181.	Merged	1	709	16,27	4,55	1	94,5
182.	Merged	1	718	18,99	4,92	1	85,57
183.	Merged	1	727	18,99	4,92	1	96,43
184.	Merged	1	729	10,85	3,72	1	86,25
185.	Merged	1	730	8,14	3,22	1	85
186.	Merged	1	731	2,71	1,86	1	78
187.	Merged	1	734	5,42	2,63	1	87
188.	Merged	1	736	16,27	4,55	1	68
189.	Merged	1	742	5,42	2,63	1	72
190.	Merged	1	744	10,85	3,72	1	67
191.	Merged	1	751	5,42	2,63	1	79,5
192.	Merged	1	753	10,85	3,72	1	94,5
193.	Merged	1	762	8,14	3,22	1	75,67
194.	Merged	1	766	8,14	3,22	1	108
195.	Merged	1	768	13,56	4,16	1	95,8
196.	Merged	1	778	18,99	4,92	1	77,43
197.	Merged	1	779	18,99	4,92	1	84,86
198.	Merged	1	782	18,99	4,92	1	101,14
199.	Merged	1	784	2,71	1,86	1	119
200.	Merged	1	785	5,42	2,63	1	106
201.	Merged	1	787	18,99	4,92	1	111
202.	Merged	1	789	5,42	2,63	1	86,5
203.	Merged	1	794	8,14	3,22	1	96,33
204.	Merged	1	796	5,42	2,63	1	68,5
205.	Merged	1	804	16,27	4,55	1	84,67

(lanjutan)

206.	Merged	1	805	8,14	3,22	1	91,67
207.	Merged	1	806	16,27	4,55	1	77,67
208.	Merged	1	819	8,14	3,22	1	79,33
209.	Merged	1	827	2,71	1,86	1	80
210.	Merged	1	828	13,56	4,16	1	72,2
211.	Merged	1	832	8,14	3,22	1	109,33
212.	Merged	1	833	13,56	4,16	0,75	104,2
213.	Merged	1	836	8,14	3,22	1	87
214.	Merged	1	841	16,27	4,55	0,9	87,33
215.	Merged	1	844	13,56	4,16	1	85
216.	Merged	1	845	10,85	3,72	1	114,25
217.	Merged	1	846	16,27	4,55	0,9	78,5
218.	Merged	1	848	5,42	2,63	1	73
219.	Merged	1	850	2,71	1,86	1	79
220.	Merged	1	853	18,99	4,92	1	95,14
221.	Merged	1	856	18,99	4,92	0,933	71,14
222.	Merged	1	861	10,85	3,72	0,954	88,25
223.	Merged	1	868	5,42	2,63	1	84
224.	Merged	1	869	5,42	2,63	1	81,5
225.	Merged	1	872	8,14	3,22	1	99
226.	Merged	1	873	10,85	3,72	0,823	85,75
227.	Merged	1	878	8,14	3,22	1	83,67
228.	Merged	1	881	2,71	1,86	1	68
229.	Merged	1	882	5,42	2,63	1	80
230.	Merged	1	887	8,14	3,22	0,9	101,67
231.	Merged	1	891	10,85	3,72	0,954	105,25
232.	Merged	1	892	8,14	3,22	1	105,33
233.	Merged	1	893	10,85	3,72	1	98,75
234.	Merged	1	894	2,71	1,86	1	76
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,32	5,29	2,71	18,99			
EqDiameter	3,49	0,98	1,86	4,92			
Circularity	0,982	0,046	0,75	1			
MeanIntensity	82,16	13,73	54,75	125			
Area	840000	μm^2					
Nodule Count	278,57143	nodule/mm ²					

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWDI 2**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	1	19,13	4,94	0,933	92,14
2.	Merged	1	2	5,47	2,64	1	90
3.	Merged	1	3	10,93	3,73	0,823	111
4.	Merged	1	4	16,4	4,57	0,9	76,33
5.	Merged	1	7	13,66	4,17	1	72,8
6.	Merged	1	8	2,73	1,87	1	94
7.	Merged	1	10	2,73	1,87	1	117
8.	Merged	1	12	16,4	4,57	1	84
9.	Merged	1	14	10,93	3,73	1	75,25
10.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	92
11.	Merged	1	24	2,73	1,87	1	96
12.	Merged	1	26	10,93	3,73	1	76,5
13.	Merged	1	27	5,47	2,64	1	82
14.	Merged	1	30	10,93	3,73	1	69,25
15.	Merged	1	31	2,73	1,87	1	69
16.	Merged	1	34	5,47	2,64	1	109,5
17.	Merged	1	39	19,13	4,94	1	65,43
18.	Merged	1	52	8,2	3,23	0,9	80,67
19.	Merged	1	59	5,47	2,64	1	93,5
20.	Merged	1	70	10,93	3,73	0,954	57
21.	Merged	1	74	10,93	3,73	1	77,25
22.	Merged	1	75	5,47	2,64	1	77
23.	Merged	1	79	2,73	1,87	1	98
24.	Merged	1	83	13,66	4,17	1	79,2
25.	Merged	1	85	2,73	1,87	1	77
26.	Merged	1	89	19,13	4,94	1	80,57
27.	Merged	1	90	5,47	2,64	1	66
28.	Merged	1	91	8,2	3,23	1	107,33
29.	Merged	1	92	8,2	3,23	1	79,67
30.	Merged	1	96	8,2	3,23	1	66,67
31.	Merged	1	97	2,73	1,87	1	94
32.	Merged	1	104	10,93	3,73	1	73,25
33.	Merged	1	105	8,2	3,23	0,9	70
34.	Merged	1	106	2,73	1,87	1	86
35.	Merged	1	108	16,4	4,57	0,9	79
36.	Merged	1	113	13,66	4,17	0,85	79,8
37.	Merged	1	115	19,13	4,94	0,933	70,43
38.	Merged	1	116	8,2	3,23	1	75,67
39.	Merged	1	122	13,66	4,17	1	89,2
40.	Merged	1	127	16,4	4,57	1	87,33
41.	Merged	1	129	10,93	3,73	0,954	64,75
42.	Merged	1	142	16,4	4,57	1	75,17
43.	Merged	1	147	2,73	1,87	1	76
44.	Merged	1	150	10,93	3,73	1	71
45.	Merged	1	153	8,2	3,23	0,839	65,67
46.	Merged	1	161	2,73	1,87	1	107

(lanjutan)

47.	Merged	1	162	19,13	4,94	1	63,29
48.	Merged	1	167	8,2	3,23	1	78,33
49.	Merged	1	168	5,47	2,64	1	79,5
50.	Merged	1	169	16,4	4,57	0,617	74,5
51.	Merged	1	176	13,66	4,17	1	83,6
52.	Merged	1	177	8,2	3,23	0,9	94
53.	Merged	1	181	19,13	4,94	1	68,43
54.	Merged	1	189	10,93	3,73	1	73,5
55.	Merged	1	194	5,47	2,64	1	52,5
56.	Merged	1	196	8,2	3,23	1	66,33
57.	Merged	1	205	5,47	2,64	1	82,5
58.	Merged	1	207	8,2	3,23	1	81,67
59.	Merged	1	208	2,73	1,87	1	68
60.	Merged	1	212	19,13	4,94	1	68,29
61.	Merged	1	218	10,93	3,73	1	61
62.	Merged	1	220	10,93	3,73	1	80,5
63.	Merged	1	223	5,47	2,64	1	83
64.	Merged	1	225	2,73	1,87	1	108
65.	Merged	1	233	13,66	4,17	1	67
66.	Merged	1	234	2,73	1,87	1	84
67.	Merged	1	236	8,2	3,23	1	94,33
68.	Merged	1	240	2,73	1,87	1	82
69.	Merged	1	241	16,4	4,57	1	75,5
70.	Merged	1	246	16,4	4,57	1	104,5
71.	Merged	1	264	16,4	4,57	1	56,67
72.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	75
73.	Merged	1	271	5,47	2,64	1	77,5
74.	Merged	1	276	5,47	2,64	1	98,5
75.	Merged	1	277	13,66	4,17	1	81,8
76.	Merged	1	279	13,66	4,17	1	87,2
77.	Merged	1	280	2,73	1,87	1	79
78.	Merged	1	282	5,47	2,64	1	75,5
79.	Merged	1	286	10,93	3,73	1	72,75
80.	Merged	1	288	16,4	4,57	1	77,17
81.	Merged	1	293	16,4	4,57	1	69,83
82.	Merged	1	296	10,93	3,73	1	58,5
83.	Merged	1	298	5,47	2,64	1	78,5
84.	Merged	1	301	10,93	3,73	1	78,75
85.	Merged	1	305	19,13	4,94	1	64,71
86.	Merged	1	312	5,47	2,64	1	54,5
87.	Merged	1	315	2,73	1,87	1	110
88.	Merged	1	323	16,4	4,57	0,9	74,83
89.	Merged	1	325	5,47	2,64	1	79,5
90.	Merged	1	327	19,13	4,94	1	87,71
91.	Merged	1	330	5,47	2,64	1	71,5
92.	Merged	1	332	13,66	4,17	1	73,8
93.	Merged	1	334	19,13	4,94	0,798	75,29
94.	Merged	1	336	8,2	3,23	1	69
95.	Merged	1	340	5,47	2,64	1	123,5
96.	Merged	1	341	19,13	4,94	0,89	80,86
97.	Merged	1	348	19,13	4,94	0,933	79,43
98.	Merged	1	349	13,66	4,17	0,85	67,4
99.	Merged	1	351	13,66	4,17	1	73

(lanjutan)

100.	Merged	1	362	19,13	4,94	1	82,14
101.	Merged	1	363	10,93	3,73	1	56
102.	Merged	1	372	5,47	2,64	1	80,5
103.	Merged	1	374	19,13	4,94	1	73,71
104.	Merged	1	377	10,93	3,73	0,954	72
105.	Merged	1	382	2,73	1,87	1	77
106.	Merged	1	388	10,93	3,73	1	62,25
107.	Merged	1	390	13,66	4,17	0,971	73,2
108.	Merged	1	393	2,73	1,87	1	55
109.	Merged	1	395	10,93	3,73	1	79,25
110.	Merged	1	396	13,66	4,17	1	87,8
111.	Merged	1	397	5,47	2,64	1	97,5
112.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	83
113.	Merged	1	399	2,73	1,87	1	70
114.	Merged	1	402	2,73	1,87	1	80
115.	Merged	1	407	5,47	2,64	1	99,5
116.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	88
117.	Merged	1	424	10,93	3,73	1	85,5
118.	Merged	1	425	13,66	4,17	0,971	90,6
119.	Merged	1	426	5,47	2,64	1	59,5
120.	Merged	1	427	2,73	1,87	1	70
121.	Merged	1	436	19,13	4,94	1	55
122.	Merged	1	438	2,73	1,87	1	91
123.	Merged	1	439	5,47	2,64	1	85,5
124.	Merged	1	441	19,13	4,94	1	75
125.	Merged	1	448	8,2	3,23	1	86,67
126.	Merged	1	453	13,66	4,17	0,971	56,2
127.	Merged	1	455	13,66	4,17	1	93
128.	Merged	1	458	16,4	4,57	1	75,5
129.	Merged	1	467	2,73	1,87	1	94
130.	Merged	1	468	8,2	3,23	1	77
131.	Merged	1	470	13,66	4,17	1	78,8
132.	Merged	1	474	8,2	3,23	0,9	86,33
133.	Merged	1	481	16,4	4,57	0,9	74,33
134.	Merged	1	484	5,47	2,64	1	86
135.	Merged	1	491	2,73	1,87	1	88
136.	Merged	1	492	8,2	3,23	1	77,67
137.	Merged	1	495	8,2	3,23	0,9	73
138.	Merged	1	497	8,2	3,23	1	65,33
139.	Merged	1	501	5,47	2,64	1	63
140.	Merged	1	503	16,4	4,57	1	93,5
141.	Merged	1	504	19,13	4,94	0,933	83,14
142.	Merged	1	508	19,13	4,94	1	79,71
143.	Merged	1	511	8,2	3,23	1	75
144.	Merged	1	518	2,73	1,87	1	84
145.	Merged	1	519	13,66	4,17	1	73,8
146.	Merged	1	520	13,66	4,17	1	83,6
147.	Merged	1	521	8,2	3,23	1	76
148.	Merged	1	523	10,93	3,73	1	69
149.	Merged	1	529	8,2	3,23	1	86
150.	Merged	1	530	13,66	4,17	0,971	76,4
151.	Merged	1	540	19,13	4,94	1	77,57
152.	Merged	1	547	2,73	1,87	1	68

(lanjutan)

153.	Merged	1	549	8,2	3,23	1	72
154.	Merged	1	555	5,47	2,64	1	83
155.	Merged	1	558	13,66	4,17	1	64,6
156.	Merged	1	560	16,4	4,57	1	99,17
157.	Merged	1	564	8,2	3,23	1	79,67
158.	Merged	1	565	10,93	3,73	1	69,5
159.	Merged	1	574	2,73	1,87	1	64
160.	Merged	1	576	5,47	2,64	1	76
161.	Merged	1	578	10,93	3,73	1	72,25
162.	Merged	1	583	16,4	4,57	0,9	67,5
163.	Merged	1	593	5,47	2,64	1	68,5
164.	Merged	1	597	10,93	3,73	0,954	70,75
165.	Merged	1	598	10,93	3,73	0,954	93,5
166.	Merged	1	601	10,93	3,73	1	70
167.	Merged	1	603	19,13	4,94	1	77
168.	Merged	1	614	13,66	4,17	0,971	72,2
169.	Merged	1	616	10,93	3,73	1	77
170.	Merged	1	617	16,4	4,57	1	66,67
171.	Merged	1	623	10,93	3,73	1	68,5
172.	Merged	1	628	8,2	3,23	1	78,67
173.	Merged	1	633	10,93	3,73	1	83,25
174.	Merged	1	635	8,2	3,23	1	73
175.	Merged	1	636	5,47	2,64	1	80
176.	Merged	1	637	10,93	3,73	1	104,5
177.	Merged	1	641	10,93	3,73	1	78,25
178.	Merged	1	643	19,13	4,94	0,933	62,86
179.	Merged	1	645	19,13	4,94	1	71,71
180.	Merged	1	648	13,66	4,17	1	77
181.	Merged	1	653	16,4	4,57	1	82,83
182.	Merged	1	656	8,2	3,23	1	57,67
183.	Merged	1	657	19,13	4,94	0,89	64,86
184.	Merged	1	660	5,47	2,64	1	59
185.	Merged	1	663	8,2	3,23	1	116,33
186.	Merged	1	665	8,2	3,23	1	77,33
187.	Merged	1	673	5,47	2,64	1	106
188.	Merged	1	675	2,73	1,87	1	103
189.	Merged	1	681	2,73	1,87	1	103
190.	Merged	1	683	16,4	4,57	1	77,67
191.	Merged	1	687	16,4	4,57	1	72,83
192.	Merged	1	692	2,73	1,87	1	73
193.	Merged	1	694	8,2	3,23	1	82,33
194.	Merged	1	696	19,13	4,94	1	87,29
195.	Merged	1	697	5,47	2,64	1	78,5
196.	Merged	1	699	16,4	4,57	1	71
197.	Merged	1	702	19,13	4,94	0,933	95,29
198.	Merged	1	705	2,73	1,87	1	100
199.	Merged	1	709	5,47	2,64	1	91,5
200.	Merged	1	711	10,93	3,73	1	94
201.	Merged	1	712	10,93	3,73	1	76,75
202.	Merged	1	714	2,73	1,87	1	65
203.	Merged	1	717	10,93	3,73	1	70,5
204.	Merged	1	727	2,73	1,87	1	78
205.	Merged	1	730	2,73	1,87	1	131

(lanjutan)

206.	Merged	1	736	13,66	4,17	1	87
207.	Merged	1	739	2,73	1,87	1	70
208.	Merged	1	743	10,93	3,73	1	102,5
209.	Merged	1	745	2,73	1,87	1	72
210.	Merged	1	752	5,47	2,64	1	86,5
211.	Merged	1	754	19,13	4,94	1	95,43
212.	Merged	1	766	5,47	2,64	1	87
213.	Merged	1	768	10,93	3,73	1	84
214.	Merged	1	769	2,73	1,87	1	90
215.	Merged	1	776	16,4	4,57	1	77,33
216.	Merged	1	785	13,66	4,17	0,971	72,4
217.	Merged	1	790	8,2	3,23	1	93
218.	Merged	1	792	13,66	4,17	1	72,2
219.	Merged	1	800	2,73	1,87	1	60
220.	Merged	1	805	2,73	1,87	1	109
221.	Merged	1	808	5,47	2,64	1	77,5
222.	Merged	1	809	8,2	3,23	1	68,67
223.	Merged	1	810	19,13	4,94	0,798	72,57
224.	Merged	1	812	10,93	3,73	1	104,5
225.	Merged	1	815	5,47	2,64	1	97
226.	Merged	1	819	13,66	4,17	1	116,4
227.	Merged	1	824	8,2	3,23	1	67,33
228.	Merged	1	827	13,66	4,17	1	80,6
229.	Merged	1	829	10,93	3,73	1	67
230.	Merged	1	831	8,2	3,23	1	97,67
231.	Merged	1	835	19,13	4,94	1	64,71
232.	Merged	1	837	2,73	1,87	1	67
233.	Merged	1	839	16,4	4,57	0,9	90,67
234.	Merged	1	841	10,93	3,73	1	109
235.	Merged	1	842	10,93	3,73	1	81,75
236.	Merged	1	853	2,73	1,87	1	82
237.	Merged	1	854	13,66	4,17	1	72
238.	Merged	1	855	8,2	3,23	1	95,33
239.	Merged	1	856	16,4	4,57	1	85,67
240.	Merged	1	859	16,4	4,57	1	78
241.	Merged	1	860	2,73	1,87	1	121
242.	Merged	1	864	5,47	2,64	1	81,5
243.	Merged	1	866	16,4	4,57	1	70,33
244.	Merged	1	869	10,93	3,73	1	64,25
245.	Merged	1	872	13,66	4,17	1	76,2
246.	Merged	1	873	2,73	1,87	1	81
247.	Merged	1	875	5,47	2,64	1	93,5
248.	Merged	1	876	10,93	3,73	0,954	59,75
249.	Merged	1	884	8,2	3,23	1	97,67
250.	Merged	1	885	13,66	4,17	1	72,6
251.	Merged	1	887	19,13	4,94	1	88,14
252.	Merged	1	890	8,2	3,23	0,9	80
253.	Merged	1	898	8,2	3,23	1	81,67
254.	Merged	1	902	19,13	4,94	0,933	72,57
255.	Merged	1	903	2,73	1,87	1	83
256.	Merged	1	908	8,2	3,23	1	85,33
257.	Merged	1	909	5,47	2,64	1	97
258.	Merged	1	917	10,93	3,73	1	78

(lanjutan)

259.	Merged	1	921	13,66	4,17	1	89,2
260.	Merged	1	926	5,47	2,64	1	83,5
261.	Merged	1	929	5,47	2,64	1	96
262.	Merged	1	931	5,47	2,64	1	77,5
263.	Merged	1	936	10,93	3,73	1	58,25
264.	Merged	1	937	5,47	2,64	1	95
265.	Merged	1	943	10,93	3,73	1	94,5
266.	Merged	1	948	2,73	1,87	1	64
267.	Merged	1	954	2,73	1,87	1	84
268.	Merged	1	957	10,93	3,73	1	93,75
269.	Merged	1	960	2,73	1,87	1	86
270.	Merged	1	961	5,47	2,64	1	78,5
271.	Merged	1	962	19,13	4,94	1	89
272.	Merged	1	965	19,13	4,94	0,933	111,86
273.	Merged	1	967	13,66	4,17	0,971	76
274.	Merged	1	968	16,4	4,57	1	77,67
275.	Merged	1	971	10,93	3,73	0,954	102
276.	Merged	1	972	10,93	3,73	1	90,75
277.	Merged	1	975	19,13	4,94	0,933	80,14
278.	Merged	1	983	5,47	2,64	1	84,5
279.	Merged	1	984	16,4	4,57	0,9	76,5
280.	Merged	1	987	2,73	1,87	1	99
281.	Merged	1	990	5,47	2,64	1	84,5
282.	Merged	1	994	5,47	2,64	1	75
283.	Merged	1	1006	19,13	4,94	0,933	77
284.	Merged	1	1009	5,47	2,64	1	116
285.	Merged	1	1019	10,93	3,73	1	74
286.	Merged	1	1024	10,93	3,73	1	88,5
287.	Merged	1	1026	5,47	2,64	1	65
288.	Merged	1	1027	2,73	1,87	1	90
289.	Merged	1	1029	16,4	4,57	1	82,67
290.	Merged	1	1033	16,4	4,57	1	76,17
291.	Merged	1	1035	19,13	4,94	1	78,86
292.	Merged	1	1037	16,4	4,57	1	85,67
293.	Merged	1	1042	19,13	4,94	1	76,29
294.	Merged	1	1045	10,93	3,73	1	71,5
295.	Merged	1	1050	19,13	4,94	1	92
296.	Merged	1	1052	16,4	4,57	0,9	103,83
297.	Merged	1	1053	2,73	1,87	1	63
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,1	5,47	2,73	19,13			
EqDiameter	3,44	1,03	1,87	4,94			
Circularity	0,986	0,041	0,617	1			
MeanIntensity	80,72	13,51	52,5	131			
Area	848000	μm^2					
Nodule Count	350,23585	nodule/mm ²					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWDI 3**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged 1	1	2	16,52	4,59	0,9	96,33
2.	Merged 1	1	6	5,51	2,65	1	101,5
3.	Merged 1	1	9	13,77	4,19	1	85,2
4.	Merged 1	1	10	19,28	4,95	0,933	116,29
5.	Merged 1	1	14	5,51	2,65	1	79,5
6.	Merged 1	1	17	19,28	4,95	1	72,14
7.	Merged 1	1	20	2,75	1,87	1	65
8.	Merged 1	1	22	13,77	4,19	1	113,4
9.	Merged 1	1	25	5,51	2,65	1	97,5
10.	Merged 1	1	30	19,28	4,95	1	79,86
11.	Merged 1	1	33	11,02	3,75	0,954	95,5
12.	Merged 1	1	41	2,75	1,87	1	92
13.	Merged 1	1	42	13,77	4,19	1	78,6
14.	Merged 1	1	44	5,51	2,65	1	89
15.	Merged 1	1	47	8,26	3,24	1	69,67
16.	Merged 1	1	50	16,52	4,59	0,684	80,17
17.	Merged 1	1	55	2,75	1,87	1	90
18.	Merged 1	1	57	13,77	4,19	1	65
19.	Merged 1	1	60	8,26	3,24	1	70,33
20.	Merged 1	1	64	11,02	3,75	1	70,5
21.	Merged 1	1	71	16,52	4,59	1	88,33
22.	Merged 1	1	76	2,75	1,87	1	79
23.	Merged 1	1	77	13,77	4,19	1	66,6
24.	Merged 1	1	79	8,26	3,24	1	97,67
25.	Merged 1	1	82	5,51	2,65	1	67,5
26.	Merged 1	1	85	2,75	1,87	1	63
27.	Merged 1	1	86	8,26	3,24	0,9	65
28.	Merged 1	1	89	11,02	3,75	1	90
29.	Merged 1	1	92	2,75	1,87	1	102
30.	Merged 1	1	99	8,26	3,24	0,9	103,33
31.	Merged 1	1	108	5,51	2,65	1	102
32.	Merged 1	1	117	13,77	4,19	1	94,4
33.	Merged 1	1	125	11,02	3,75	0,954	61,75
34.	Merged 1	1	127	11,02	3,75	1	89,75
35.	Merged 1	1	132	11,02	3,75	1	95,5
36.	Merged 1	1	135	11,02	3,75	0,954	83,25
37.	Merged 1	1	136	16,52	4,59	1	76,17
38.	Merged 1	1	137	16,52	4,59	1	56,5
39.	Merged 1	1	143	2,75	1,87	1	107
40.	Merged 1	1	144	16,52	4,59	1	91,67
41.	Merged 1	1	146	2,75	1,87	1	99
42.	Merged 1	1	151	13,77	4,19	1	70
43.	Merged 1	1	153	16,52	4,59	1	73,17
44.	Merged 1	1	158	5,51	2,65	1	49,5
45.	Merged 1	1	160	5,51	2,65	1	91
46.	Merged 1	1	163	5,51	2,65	1	66

(lanjutan)

47.	Merged 1	1	165	11,02	3,75	1	95,75
48.	Merged 1	1	166	19,28	4,95	1	66,43
49.	Merged 1	1	168	16,52	4,59	1	68,83
50.	Merged 1	1	170	11,02	3,75	0,954	81
51.	Merged 1	1	178	19,28	4,95	0,933	76,43
52.	Merged 1	1	180	13,77	4,19	1	103,6
53.	Merged 1	1	187	19,28	4,95	0,933	64,86
54.	Merged 1	1	190	16,52	4,59	1	87,67
55.	Merged 1	1	204	8,26	3,24	0,9	87,67
56.	Merged 1	1	205	5,51	2,65	1	121,5
57.	Merged 1	1	212	2,75	1,87	1	72
58.	Merged 1	1	213	11,02	3,75	1	71,25
59.	Merged 1	1	231	16,52	4,59	1	99,83
60.	Merged 1	1	233	2,75	1,87	1	85
61.	Merged 1	1	237	2,75	1,87	1	77
62.	Merged 1	1	241	11,02	3,75	0,823	73
63.	Merged 1	1	243	16,52	4,59	0,8	86
64.	Merged 1	1	245	5,51	2,65	1	75,5
65.	Merged 1	1	249	19,28	4,95	1	71,86
66.	Merged 1	1	253	5,51	2,65	1	66
67.	Merged 1	1	254	2,75	1,87	1	95
68.	Merged 1	1	255	13,77	4,19	1	68,2
69.	Merged 1	1	256	5,51	2,65	1	67,5
70.	Merged 1	1	265	11,02	3,75	1	77
71.	Merged 1	1	270	2,75	1,87	1	72
72.	Merged 1	1	272	16,52	4,59	0,8	68
73.	Merged 1	1	276	5,51	2,65	1	65,5
74.	Merged 1	1	282	2,75	1,87	1	73
75.	Merged 1	1	287	8,26	3,24	1	74,67
76.	Merged 1	1	290	19,28	4,95	1	77,57
77.	Merged 1	1	291	19,28	4,95	0,628	65,14
78.	Merged 1	1	294	13,77	4,19	1	68
79.	Merged 1	1	298	5,51	2,65	1	100,5
80.	Merged 1	1	303	8,26	3,24	1	91,67
81.	Merged 1	1	307	16,52	4,59	0,9	75,5
82.	Merged 1	1	308	11,02	3,75	1	93
83.	Merged 1	1	309	19,28	4,95	1	75,57
84.	Merged 1	1	313	5,51	2,65	1	57,5
85.	Merged 1	1	331	19,28	4,95	1	65,86
86.	Merged 1	1	348	2,75	1,87	1	89
87.	Merged 1	1	349	19,28	4,95	1	67,29
88.	Merged 1	1	353	11,02	3,75	0,954	95
89.	Merged 1	1	357	13,77	4,19	1	70,6
90.	Merged 1	1	358	11,02	3,75	1	68,25
91.	Merged 1	1	368	8,26	3,24	1	77,33
92.	Merged 1	1	372	11,02	3,75	1	68,5
93.	Merged 1	1	374	11,02	3,75	0,954	91
94.	Merged 1	1	375	2,75	1,87	1	67
95.	Merged 1	1	388	5,51	2,65	1	61,5
96.	Merged 1	1	416	2,75	1,87	1	84
97.	Merged 1	1	433	13,77	4,19	1	92
98.	Merged 1	1	434	11,02	3,75	0,954	76,75
99.	Merged 1	1	436	19,28	4,95	1	101

(lanjutan)

100.	Merged 1	1	442	8,26	3,24	1	73,33
101.	Merged 1	1	444	11,02	3,75	0,823	107,75
102.	Merged 1	1	450	11,02	3,75	0,954	85,75
103.	Merged 1	1	458	11,02	3,75	1	69,25
104.	Merged 1	1	464	11,02	3,75	1	72,5
105.	Merged 1	1	465	19,28	4,95	0,933	72,29
106.	Merged 1	1	466	16,52	4,59	1	78
107.	Merged 1	1	471	13,77	4,19	1	69
108.	Merged 1	1	473	19,28	4,95	0,628	80,14
109.	Merged 1	1	476	19,28	4,95	1	76,29
110.	Merged 1	1	477	11,02	3,75	1	57,75
111.	Merged 1	1	480	2,75	1,87	1	58
112.	Merged 1	1	484	5,51	2,65	1	73,5
113.	Merged 1	1	485	13,77	4,19	1	78,8
114.	Merged 1	1	489	13,77	4,19	1	69,6
115.	Merged 1	1	490	16,52	4,59	1	90
116.	Merged 1	1	493	2,75	1,87	1	82
117.	Merged 1	1	494	8,26	3,24	1	84
118.	Merged 1	1	495	13,77	4,19	1	82
119.	Merged 1	1	503	5,51	2,65	1	91,5
120.	Merged 1	1	504	8,26	3,24	1	85,67
121.	Merged 1	1	507	11,02	3,75	1	80,75
122.	Merged 1	1	509	2,75	1,87	1	72
123.	Merged 1	1	511	16,52	4,59	0,9	72,17
124.	Merged 1	1	517	2,75	1,87	1	87
125.	Merged 1	1	527	5,51	2,65	1	67
126.	Merged 1	1	529	13,77	4,19	1	93,4
127.	Merged 1	1	531	2,75	1,87	1	75
128.	Merged 1	1	532	19,28	4,95	1	72,43
129.	Merged 1	1	533	13,77	4,19	1	66,8
130.	Merged 1	1	547	5,51	2,65	1	79,5
131.	Merged 1	1	550	16,52	4,59	1	81,5
132.	Merged 1	1	554	8,26	3,24	1	70,33
133.	Merged 1	1	570	2,75	1,87	1	81
134.	Merged 1	1	573	5,51	2,65	1	86
135.	Merged 1	1	574	11,02	3,75	0,954	87,5
136.	Merged 1	1	579	5,51	2,65	1	86,5
137.	Merged 1	1	581	19,28	4,95	1	84,86
138.	Merged 1	1	590	16,52	4,59	1	67,83
139.	Merged 1	1	596	11,02	3,75	0,954	68
140.	Merged 1	1	600	5,51	2,65	1	85
141.	Merged 1	1	602	2,75	1,87	1	67
142.	Merged 1	1	612	2,75	1,87	1	88
143.	Merged 1	1	618	16,52	4,59	1	66,5
144.	Merged 1	1	621	5,51	2,65	1	77,5
145.	Merged 1	1	631	11,02	3,75	1	74,25
146.	Merged 1	1	634	19,28	4,95	0,933	125,29
147.	Merged 1	1	635	13,77	4,19	1	79,8
148.	Merged 1	1	638	2,75	1,87	1	85
149.	Merged 1	1	639	2,75	1,87	1	87
150.	Merged 1	1	647	19,28	4,95	1	74,29
151.	Merged 1	1	648	11,02	3,75	1	81,25
152.	Merged 1	1	650	16,52	4,59	0,9	73,83

(lanjutan)

153.	Merged 1	1	651	19,28	4,95	0,798	77,86
154.	Merged 1	1	653	2,75	1,87	1	72
155.	Merged 1	1	656	19,28	4,95	0,798	77,57
156.	Merged 1	1	664	2,75	1,87	1	89
157.	Merged 1	1	669	2,75	1,87	1	69
158.	Merged 1	1	670	5,51	2,65	1	105
159.	Merged 1	1	674	16,52	4,59	0,9	69,33
160.	Merged 1	1	676	19,28	4,95	0,933	78,14
161.	Merged 1	1	687	16,52	4,59	1	81,33
162.	Merged 1	1	688	5,51	2,65	1	82
163.	Merged 1	1	689	16,52	4,59	0,9	67,67
164.	Merged 1	1	696	16,52	4,59	0,684	75,17
165.	Merged 1	1	699	5,51	2,65	1	82
166.	Merged 1	1	705	16,52	4,59	0,9	82,67
167.	Merged 1	1	706	13,77	4,19	1	63,4
168.	Merged 1	1	727	2,75	1,87	1	83
169.	Merged 1	1	729	19,28	4,95	1	83,86
170.	Merged 1	1	733	16,52	4,59	1	71,83
171.	Merged 1	1	734	8,26	3,24	1	109,67
172.	Merged 1	1	746	5,51	2,65	1	74
173.	Merged 1	1	761	11,02	3,75	1	78,25
174.	Merged 1	1	778	16,52	4,59	1	99,67
175.	Merged 1	1	779	13,77	4,19	1	84,6
176.	Merged 1	1	790	8,26	3,24	1	79
177.	Merged 1	1	792	11,02	3,75	1	80
178.	Merged 1	1	801	16,52	4,59	1	85,17
179.	Merged 1	1	804	16,52	4,59	0,9	88
180.	Merged 1	1	811	13,77	4,19	0,75	89,4
181.	Merged 1	1	812	13,77	4,19	1	68
182.	Merged 1	1	813	8,26	3,24	0,9	81
183.	Merged 1	1	816	16,52	4,59	1	92,5
184.	Merged 1	1	817	8,26	3,24	1	95,67
185.	Merged 1	1	819	11,02	3,75	1	66,25
186.	Merged 1	1	820	19,28	4,95	1	84
187.	Merged 1	1	821	16,52	4,59	1	86
188.	Merged 1	1	824	2,75	1,87	1	99
189.	Merged 1	1	831	13,77	4,19	1	84,4
190.	Merged 1	1	833	13,77	4,19	1	75,6
191.	Merged 1	1	835	16,52	4,59	1	87,17
192.	Merged 1	1	838	13,77	4,19	1	75,8
193.	Merged 1	1	840	5,51	2,65	1	79
194.	Merged 1	1	841	13,77	4,19	0,971	71,6
195.	Merged 1	1	846	5,51	2,65	1	88
196.	Merged 1	1	849	2,75	1,87	1	77
197.	Merged 1	1	851	5,51	2,65	1	79,5
198.	Merged 1	1	852	13,77	4,19	1	73,6
199.	Merged 1	1	855	5,51	2,65	1	100
200.	Merged 1	1	856	16,52	4,59	0,9	87,17
201.	Merged 1	1	860	5,51	2,65	1	82,5
202.	Merged 1	1	862	19,28	4,95	1	91
203.	Merged 1	1	867	13,77	4,19	1	81,8
204.	Merged 1	1	869	19,28	4,95	1	75,57
205.	Merged 1	1	872	16,52	4,59	0,9	79,83

(lanjutan)

206.	Merged 1	1	873	5,51	2,65	1	68,5
207.	Merged 1	1	875	11,02	3,75	1	70,5
208.	Merged 1	1	876	2,75	1,87	1	90
209.	Merged 1	1	880	2,75	1,87	1	105
210.	Merged 1	1	888	11,02	3,75	0,954	98,5
211.	Merged 1	1	893	19,28	4,95	1	73
212.	Merged 1	1	894	2,75	1,87	1	92
213.	Merged 1	1	895	11,02	3,75	1	86,5
214.	Merged 1	1	901	19,28	4,95	0,933	84,29
215.	Merged 1	1	902	16,52	4,59	1	90
216.	Merged 1	1	910	8,26	3,24	1	94,33
217.	Merged 1	1	913	2,75	1,87	1	111
218.	Merged 1	1	923	13,77	4,19	1	97,8
219.	Merged 1	1	928	8,26	3,24	1	105
220.	Merged 1	1	930	13,77	4,19	1	91,8
221.	Merged 1	1	933	13,77	4,19	1	87,8
222.	Merged 1	1	937	19,28	4,95	1	90,29
223.	Merged 1	1	938	19,28	4,95	1	107,43
224.	Merged 1	1	939	16,52	4,59	1	94,83
225.	Merged 1	1	941	16,52	4,59	0,9	74
226.	Merged 1	1	944	5,51	2,65	1	131
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,98	5,66	2,75	19,28			
EqDiameter	3,59	1,05	1,87	4,95			
Circularity	0,977	0,061	0,628	1			
MeanIntensity	81,74	13,24	49,5	131			
Area	848000	μm^2					
Nodule.Count	266,50943	nodule/mm ²					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWDI 4**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	5	5,51	2,65	1	87
2.	Merged	1	9	2,75	1,87	1	105
3.	Merged	1	15	11,02	3,75	1	99,25
4.	Merged	1	26	13,77	4,19	0,971	71
5.	Merged	1	27	13,77	4,19	1	70,4
6.	Merged	1	29	13,77	4,19	1	89
7.	Merged	1	30	2,75	1,87	1	97
8.	Merged	1	34	5,51	2,65	1	69
9.	Merged	1	35	19,28	4,95	1	82,29
10.	Merged	1	37	5,51	2,65	1	37
11.	Merged	1	38	19,28	4,95	1	101,71
12.	Merged	1	41	13,77	4,19	1	84,2
13.	Merged	1	44	19,28	4,95	1	68,57
14.	Merged	1	47	2,75	1,87	1	78
15.	Merged	1	50	11,02	3,75	1	77
16.	Merged	1	51	19,28	4,95	1	75,14
17.	Merged	1	55	19,28	4,95	1	76,29
18.	Merged	1	57	16,52	4,59	1	83,67
19.	Merged	1	60	8,26	3,24	0,9	106
20.	Merged	1	61	19,28	4,95	1	67,86
21.	Merged	1	67	16,52	4,59	1	89,5
22.	Merged	1	68	19,28	4,95	1	57,43
23.	Merged	1	69	11,02	3,75	1	61,5
24.	Merged	1	72	13,77	4,19	1	94,2
25.	Merged	1	74	2,75	1,87	1	88
26.	Merged	1	75	5,51	2,65	1	104
27.	Merged	1	79	13,77	4,19	1	84,2
28.	Merged	1	80	19,28	4,95	0,628	125,86
29.	Merged	1	86	16,52	4,59	1	86,5
30.	Merged	1	90	8,26	3,24	1	95,33
31.	Merged	1	91	16,52	4,59	1	90,17
32.	Merged	1	94	2,75	1,87	1	97
33.	Merged	1	103	19,28	4,95	1	71,86
34.	Merged	1	108	16,52	4,59	1	99,5
35.	Merged	1	109	2,75	1,87	1	117
36.	Merged	1	112	19,28	4,95	1	76,14
37.	Merged	1	113	13,77	4,19	1	110,8
38.	Merged	1	114	16,52	4,59	1	71,17
39.	Merged	1	115	16,52	4,59	1	80,33
40.	Merged	1	116	2,75	1,87	1	85
41.	Merged	1	117	5,51	2,65	1	135,5
42.	Merged	1	118	11,02	3,75	0,954	110
43.	Merged	1	122	2,75	1,87	1	70
44.	Merged	1	123	13,77	4,19	1	73,4
45.	Merged	1	126	5,51	2,65	1	81,5
46.	Merged	1	128	5,51	2,65	1	86,5

(lanjutan)

47.	Merged	1	136	16,52	4,59	1	57,17
48.	Merged	1	138	11,02	3,75	1	68,75
49.	Merged	1	139	5,51	2,65	1	95,5
50.	Merged	1	147	13,77	4,19	1	81
51.	Merged	1	149	5,51	2,65	1	80
52.	Merged	1	152	8,26	3,24	1	104
53.	Merged	1	154	19,28	4,95	1	70
54.	Merged	1	157	11,02	3,75	1	73,75
55.	Merged	1	159	8,26	3,24	0,784	70,33
56.	Merged	1	163	19,28	4,95	0,933	65,29
57.	Merged	1	165	13,77	4,19	1	112
58.	Merged	1	166	11,02	3,75	1	114
59.	Merged	1	168	13,77	4,19	0,971	78,4
60.	Merged	1	172	19,28	4,95	1	70,57
61.	Merged	1	173	19,28	4,95	1	79,29
62.	Merged	1	177	8,26	3,24	1	74,33
63.	Merged	1	179	13,77	4,19	1	120,2
64.	Merged	1	181	11,02	3,75	0,954	95,25
65.	Merged	1	186	19,28	4,95	0,933	83,86
66.	Merged	1	194	19,28	4,95	0,933	80,86
67.	Merged	1	200	11,02	3,75	1	131,25
68.	Merged	1	202	19,28	4,95	1	69,43
69.	Merged	1	203	5,51	2,65	1	71,5
70.	Merged	1	206	19,28	4,95	1	96,86
71.	Merged	1	207	16,52	4,59	1	57
72.	Merged	1	211	5,51	2,65	1	83
73.	Merged	1	212	8,26	3,24	1	92,67
74.	Merged	1	219	11,02	3,75	1	63,25
75.	Merged	1	221	16,52	4,59	1	68,17
76.	Merged	1	227	16,52	4,59	1	114,17
77.	Merged	1	230	16,52	4,59	1	76
78.	Merged	1	231	16,52	4,59	0,9	68,67
79.	Merged	1	233	5,51	2,65	1	81,5
80.	Merged	1	234	19,28	4,95	1	54,43
81.	Merged	1	248	2,75	1,87	1	76
82.	Merged	1	249	8,26	3,24	1	65,33
83.	Merged	1	255	5,51	2,65	1	83,5
84.	Merged	1	261	5,51	2,65	1	68
85.	Merged	1	265	11,02	3,75	1	97,5
86.	Merged	1	266	2,75	1,87	1	76
87.	Merged	1	272	11,02	3,75	1	86
88.	Merged	1	276	16,52	4,59	1	81,83
89.	Merged	1	280	11,02	3,75	1	77,75
90.	Merged	1	281	19,28	4,95	1	83,14
91.	Merged	1	282	13,77	4,19	0,636	80,4
92.	Merged	1	289	16,52	4,59	0,8	79,67
93.	Merged	1	291	11,02	3,75	0,954	100,75
94.	Merged	1	292	2,75	1,87	1	141
95.	Merged	1	294	16,52	4,59	0,9	77,83
96.	Merged	1	298	19,28	4,95	1	77,29
97.	Merged	1	300	5,51	2,65	1	90,5
98.	Merged	1	304	13,77	4,19	1	84,6
99.	Merged	1	306	13,77	4,19	1	76,6

(lanjutan)

100.	Merged	1	307	2,75	1,87	1	72
101.	Merged	1	309	19,28	4,95	0,653	60,57
102.	Merged	1	310	13,77	4,19	1	91,4
103.	Merged	1	311	5,51	2,65	1	86,5
104.	Merged	1	313	16,52	4,59	1	76,83
105.	Merged	1	316	8,26	3,24	1	84
106.	Merged	1	319	11,02	3,75	1	84,75
107.	Merged	1	320	8,26	3,24	1	78
108.	Merged	1	321	2,75	1,87	1	84
109.	Merged	1	322	8,26	3,24	1	82,33
110.	Merged	1	325	5,51	2,65	1	95
111.	Merged	1	327	2,75	1,87	1	78
112.	Merged	1	328	19,28	4,95	0,933	69,14
113.	Merged	1	331	13,77	4,19	1	76,2
114.	Merged	1	335	2,75	1,87	1	68
115.	Merged	1	341	5,51	2,65	1	78
116.	Merged	1	347	13,77	4,19	1	79,8
117.	Merged	1	350	13,77	4,19	1	70
118.	Merged	1	351	2,75	1,87	1	78
119.	Merged	1	355	5,51	2,65	1	77
120.	Merged	1	357	11,02	3,75	1	88,75
121.	Merged	1	359	8,26	3,24	0,9	72,67
122.	Merged	1	362	11,02	3,75	1	84,25
123.	Merged	1	368	16,52	4,59	1	78
124.	Merged	1	370	16,52	4,59	0,9	63,33
125.	Merged	1	372	2,75	1,87	1	60
126.	Merged	1	379	16,52	4,59	1	62,67
127.	Merged	1	380	5,51	2,65	1	88
128.	Merged	1	381	5,51	2,65	1	104
129.	Merged	1	384	16,52	4,59	1	64,17
130.	Merged	1	385	19,28	4,95	0,89	71,86
131.	Merged	1	386	5,51	2,65	1	84
132.	Merged	1	387	2,75	1,87	1	96
133.	Merged	1	389	13,77	4,19	0,85	83,2
134.	Merged	1	390	5,51	2,65	1	81,5
135.	Merged	1	394	5,51	2,65	1	82
136.	Merged	1	395	5,51	2,65	1	76,5
137.	Merged	1	403	19,28	4,95	1	104
138.	Merged	1	404	11,02	3,75	1	74,5
139.	Merged	1	405	11,02	3,75	1	80,25
140.	Merged	1	406	16,52	4,59	0,9	65,33
141.	Merged	1	410	16,52	4,59	1	83,5
142.	Merged	1	411	2,75	1,87	1	113
143.	Merged	1	414	2,75	1,87	1	81
144.	Merged	1	415	2,75	1,87	1	82
145.	Merged	1	416	8,26	3,24	1	96,33
146.	Merged	1	417	5,51	2,65	1	76,5
147.	Merged	1	418	16,52	4,59	1	58
148.	Merged	1	419	2,75	1,87	1	90
149.	Merged	1	424	11,02	3,75	1	48
150.	Merged	1	427	8,26	3,24	1	71,33
151.	Merged	1	430	11,02	3,75	0,954	82,5
152.	Merged	1	433	2,75	1,87	1	48

(lanjutan)

153.	Merged	1	436	13,77	4,19	1	89,4
154.	Merged	1	437	16,52	4,59	0,9	65,83
155.	Merged	1	438	8,26	3,24	1	78,67
156.	Merged	1	440	8,26	3,24	1	77,33
157.	Merged	1	445	11,02	3,75	1	67,75
158.	Merged	1	448	5,51	2,65	1	72,5
159.	Merged	1	453	5,51	2,65	1	72
160.	Merged	1	455	19,28	4,95	1	74,86
161.	Merged	1	459	8,26	3,24	0,9	98,67
162.	Merged	1	461	11,02	3,75	0,954	104
163.	Merged	1	463	8,26	3,24	1	78,33
164.	Merged	1	466	11,02	3,75	1	68,25
165.	Merged	1	467	19,28	4,95	0,89	91,71
166.	Merged	1	470	16,52	4,59	0,684	74
167.	Merged	1	471	2,75	1,87	1	85
168.	Merged	1	472	5,51	2,65	1	82,5
169.	Merged	1	476	16,52	4,59	1	83,67
170.	Merged	1	477	5,51	2,65	1	74,5
171.	Merged	1	478	2,75	1,87	1	88
172.	Merged	1	480	11,02	3,75	1	95,5
173.	Merged	1	484	13,77	4,19	1	79,6
174.	Merged	1	485	5,51	2,65	1	79,5
175.	Merged	1	488	2,75	1,87	1	76
176.	Merged	1	489	11,02	3,75	1	81
177.	Merged	1	493	8,26	3,24	1	101,67
178.	Merged	1	496	2,75	1,87	1	82
179.	Merged	1	497	2,75	1,87	1	85
180.	Merged	1	501	2,75	1,87	1	80
181.	Merged	1	502	8,26	3,24	1	53,33
182.	Merged	1	510	13,77	4,19	1	76
183.	Merged	1	511	5,51	2,65	1	71
184.	Merged	1	518	2,75	1,87	1	81
185.	Merged	1	520	5,51	2,65	1	75,5
186.	Merged	1	521	5,51	2,65	1	72,5
187.	Merged	1	522	19,28	4,95	0,798	77
188.	Merged	1	526	8,26	3,24	1	91,33
189.	Merged	1	529	13,77	4,19	1	67,4
190.	Merged	1	531	5,51	2,65	1	94
191.	Merged	1	532	2,75	1,87	1	80
192.	Merged	1	537	2,75	1,87	1	75
193.	Merged	1	539	11,02	3,75	1	106,25
194.	Merged	1	540	11,02	3,75	1	77,5
195.	Merged	1	543	16,52	4,59	1	69,5
196.	Merged	1	547	11,02	3,75	1	76,75
197.	Merged	1	554	11,02	3,75	1	96,25
198.	Merged	1	559	16,52	4,59	1	70,67
199.	Merged	1	561	19,28	4,95	0,798	80,43
200.	Merged	1	564	5,51	2,65	1	127
201.	Merged	1	565	8,26	3,24	1	82
202.	Merged	1	568	11,02	3,75	0,954	80,25
203.	Merged	1	569	2,75	1,87	1	78
204.	Merged	1	574	16,52	4,59	1	81,67
205.	Merged	1	576	19,28	4,95	1	58,86

(lanjutan)

206.	Merged	1	577	5,51	2,65	1	75,5
207.	Merged	1	583	11,02	3,75	1	75,75
208.	Merged	1	584	16,52	4,59	1	113,17
209.	Merged	1	586	16,52	4,59	1	72,5
210.	Merged	1	588	16,52	4,59	1	89,33
211.	Merged	1	590	8,26	3,24	1	74,67
212.	Merged	1	597	19,28	4,95	0,933	79,57
213.	Merged	1	599	13,77	4,19	1	70,6
214.	Merged	1	601	11,02	3,75	0,954	82,5
215.	Merged	1	604	19,28	4,95	0,933	57,71
216.	Merged	1	606	19,28	4,95	0,628	69,14
217.	Merged	1	607	2,75	1,87	1	82
218.	Merged	1	608	19,28	4,95	1	97,71
219.	Merged	1	609	11,02	3,75	0,954	87,25
220.	Merged	1	610	5,51	2,65	1	101,5
221.	Merged	1	613	2,75	1,87	1	77
222.	Merged	1	614	2,75	1,87	1	56
223.	Merged	1	615	2,75	1,87	1	71
224.	Merged	1	618	5,51	2,65	1	64,5
225.	Merged	1	619	16,52	4,59	0,9	67,5
226.	Merged	1	620	5,51	2,65	1	81,5
227.	Merged	1	621	11,02	3,75	0,68	77,5
228.	Merged	1	622	5,51	2,65	1	93
229.	Merged	1	625	2,75	1,87	1	89
230.	Merged	1	626	11,02	3,75	1	73,75
231.	Merged	1	627	2,75	1,87	1	82
232.	Merged	1	632	2,75	1,87	1	80
233.	Merged	1	633	8,26	3,24	1	86
234.	Merged	1	644	13,77	4,19	1	79,4
235.	Merged	1	646	2,75	1,87	1	78
236.	Merged	1	647	5,51	2,65	1	75,5
237.	Merged	1	648	2,75	1,87	1	110
238.	Merged	1	656	13,77	4,19	1	58,8
239.	Merged	1	661	5,51	2,65	1	78,5
240.	Merged	1	662	13,77	4,19	0,971	82,2
241.	Merged	1	670	8,26	3,24	0,9	79,67
242.	Merged	1	676	19,28	4,95	0,933	67,14
243.	Merged	1	679	19,28	4,95	0,933	79,43
244.	Merged	1	682	8,26	3,24	1	83,67
245.	Merged	1	684	8,26	3,24	1	91,33
246.	Merged	1	689	19,28	4,95	1	74,29
247.	Merged	1	691	11,02	3,75	1	73,25
248.	Merged	1	693	2,75	1,87	1	59
249.	Merged	1	694	8,26	3,24	0,9	78,33
250.	Merged	1	695	16,52	4,59	0,9	83,33
251.	Merged	1	697	19,28	4,95	1	62
252.	Merged	1	698	8,26	3,24	1	91,67
253.	Merged	1	699	5,51	2,65	1	74
254.	Merged	1	700	11,02	3,75	1	100,75
255.	Merged	1	702	2,75	1,87	1	88
256.	Merged	1	703	13,77	4,19	1	78,4
257.	Merged	1	704	11,02	3,75	0,954	91,5
258.	Merged	1	706	13,77	4,19	1	66,2

(lanjutan)

259.	Merged	1	708	8,26	3,24	1	83
260.	Merged	1	711	11,02	3,75	1	67
261.	Merged	1	715	5,51	2,65	1	81,5
262.	Merged	1	717	2,75	1,87	1	87
263.	Merged	1	718	2,75	1,87	1	92
264.	Merged	1	725	13,77	4,19	1	71,2
265.	Merged	1	728	13,77	4,19	0,713	76
266.	Merged	1	731	5,51	2,65	1	102
267.	Merged	1	732	2,75	1,87	1	98
268.	Merged	1	734	5,51	2,65	1	83,5
269.	Merged	1	738	13,77	4,19	0,85	77,6
270.	Merged	1	739	19,28	4,95	1	58,71
271.	Merged	1	740	16,52	4,59	1	86,67
272.	Merged	1	745	11,02	3,75	0,954	70,75
273.	Merged	1	746	2,75	1,87	1	77
274.	Merged	1	750	16,52	4,59	1	52,5
275.	Merged	1	752	5,51	2,65	1	78,5
276.	Merged	1	753	11,02	3,75	1	82,5
277.	Merged	1	759	5,51	2,65	1	77,5
278.	Merged	1	762	5,51	2,65	1	94
279.	Merged	1	763	16,52	4,59	1	72
280.	Merged	1	764	13,77	4,19	1	68,2
281.	Merged	1	765	16,52	4,59	0,9	78,83
282.	Merged	1	766	11,02	3,75	1	88,5
283.	Merged	1	768	11,02	3,75	1	69,25
284.	Merged	1	770	2,75	1,87	1	117
285.	Merged	1	771	11,02	3,75	1	79,5
286.	Merged	1	775	19,28	4,95	0,89	53,57
287.	Merged	1	777	5,51	2,65	1	84
288.	Merged	1	778	13,77	4,19	1	90,8
289.	Merged	1	780	2,75	1,87	1	113
290.	Merged	1	781	13,77	4,19	1	63,8
291.	Merged	1	782	16,52	4,59	1	76,17
292.	Merged	1	784	19,28	4,95	0,798	76
293.	Merged	1	785	2,75	1,87	1	88
294.	Merged	1	789	19,28	4,95	0,933	77,57
295.	Merged	1	790	16,52	4,59	1	85,33
296.	Merged	1	800	5,51	2,65	1	73,5
297.	Merged	1	801	8,26	3,24	1	81,33
298.	Merged	1	803	11,02	3,75	1	74,5
299.	Merged	1	809	8,26	3,24	1	77,67
300.	Merged	1	811	11,02	3,75	0,954	92,75
301.	Merged	1	815	5,51	2,65	1	82
302.	Merged	1	818	2,75	1,87	1	85
303.	Merged	1	821	13,77	4,19	1	71,6
304.	Merged	1	823	13,77	4,19	1	93
305.	Merged	1	825	8,26	3,24	0,9	78,67
306.	Merged	1	826	11,02	3,75	0,954	83,5
307.	Merged	1	828	13,77	4,19	1	73,6
308.	Merged	1	829	8,26	3,24	1	88
309.	Merged	1	830	11,02	3,75	1	76,5
310.	Merged	1	832	11,02	3,75	0,954	83,75
311.	Merged	1	835	19,28	4,95	1	83,57

(lanjutan)

312.	Merged	1	836	16,52	4,59	1	63,67
313.	Merged	1	841	11,02	3,75	1	102,5
314.	Merged	1	842	19,28	4,95	1	80,29
315.	Merged	1	844	13,77	4,19	1	83,2
316.	Merged	1	846	11,02	3,75	1	94,5
317.	Merged	1	856	5,51	2,65	1	73
318.	Merged	1	857	13,77	4,19	1	91,4
319.	Merged	1	865	13,77	4,19	1	67,8
320.	Merged	1	866	5,51	2,65	1	83,5
321.	Merged	1	873	2,75	1,87	1	79
322.	Merged	1	875	16,52	4,59	1	80,5
323.	Merged	1	881	16,52	4,59	1	79,67
324.	Merged	1	882	2,75	1,87	1	77
325.	Merged	1	883	5,51	2,65	1	81,5
326.	Merged	1	884	13,77	4,19	1	81
327.	Merged	1	889	19,28	4,95	1	80,57
328.	Merged	1	890	8,26	3,24	0,9	84,33
329.	Merged	1	896	16,52	4,59	1	68,67
330.	Merged	1	904	2,75	1,87	1	91
331.	Merged	1	906	19,28	4,95	1	76,86
332.	Merged	1	907	19,28	4,95	0,89	83,29
333.	Merged	1	909	19,28	4,95	1	92,14
334.	Merged	1	911	8,26	3,24	1	75,33
335.	Merged	1	913	13,77	4,19	1	90,6
336.	Merged	1	915	16,52	4,59	1	62,5
337.	Merged	1	919	2,75	1,87	1	91
338.	Merged	1	922	8,26	3,24	1	89,67
339.	Merged	1	923	19,28	4,95	1	94,86
340.	Merged	1	924	16,52	4,59	1	79,17
341.	Merged	1	929	13,77	4,19	1	75,6
342.	Merged	1	934	11,02	3,75	0,823	101,75
343.	Merged	1	938	13,77	4,19	1	95
344.	Merged	1	939	19,28	4,95	1	76,71
345.	Merged	1	941	13,77	4,19	1	77,4
346.	Merged	1	944	13,77	4,19	1	84,8
347.	Merged	1	950	5,51	2,65	1	70,5
348.	Merged	1	951	8,26	3,24	1	100
349.	Merged	1	952	2,75	1,87	1	70
350.	Merged	1	953	13,77	4,19	0,971	81,4
351.	Merged	1	955	19,28	4,95	1	91,43
352.	Merged	1	957	11,02	3,75	1	83,25
353.	Merged	1	963	8,26	3,24	1	90,33
354.	Merged	1	964	5,51	2,65	1	75
355.	Merged	1	965	13,77	4,19	1	66
356.	Merged	1	966	16,52	4,59	1	79,33
357.	Merged	1	970	8,26	3,24	1	121,33
358.	Merged	1	971	5,51	2,65	1	89,5
359.	Merged	1	977	11,02	3,75	1	93
360.	Merged	1	979	19,28	4,95	1	108,71
361.	Merged	1	984	2,75	1,87	1	92
362.	Merged	1	991	2,75	1,87	1	79
363.	Merged	1	993	2,75	1,87	1	87
364.	Merged	1	994	5,51	2,65	1	84,5

(lanjutan)

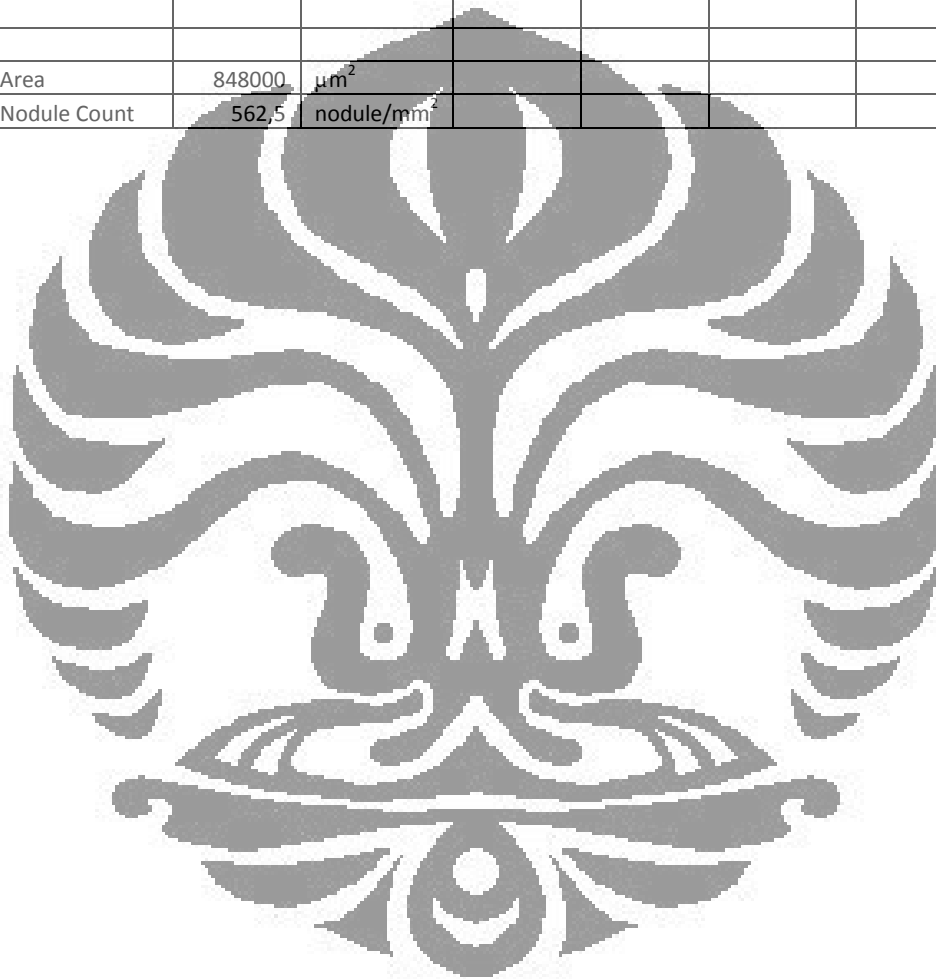
365.	Merged	1	997	5,51	2,65	1	94
366.	Merged	1	1001	11,02	3,75	1	84
367.	Merged	1	1002	16,52	4,59	1	70,83
368.	Merged	1	1007	5,51	2,65	1	86
369.	Merged	1	1008	8,26	3,24	1	80,67
370.	Merged	1	1015	13,77	4,19	1	99,8
371.	Merged	1	1016	5,51	2,65	1	65
372.	Merged	1	1018	2,75	1,87	1	89
373.	Merged	1	1019	2,75	1,87	1	92
374.	Merged	1	1022	8,26	3,24	1	88
375.	Merged	1	1026	8,26	3,24	1	99,67
376.	Merged	1	1027	19,28	4,95	0,933	98
377.	Merged	1	1028	16,52	4,59	1	89,33
378.	Merged	1	1034	16,52	4,59	1	75
379.	Merged	1	1035	2,75	1,87	1	111
380.	Merged	1	1038	16,52	4,59	1	81,17
381.	Merged	1	1042	2,75	1,87	1	85
382.	Merged	1	1043	19,28	4,95	0,933	87
383.	Merged	1	1049	13,77	4,19	1	90,8
384.	Merged	1	1052	19,28	4,95	1	74,57
385.	Merged	1	1053	2,75	1,87	1	90
386.	Merged	1	1056	19,28	4,95	0,933	81,14
387.	Merged	1	1058	5,51	2,65	1	79
388.	Merged	1	1059	5,51	2,65	1	77
389.	Merged	1	1063	2,75	1,87	1	86
390.	Merged	1	1068	8,26	3,24	1	86
391.	Merged	1	1075	2,75	1,87	1	86
392.	Merged	1	1076	5,51	2,65	1	98
393.	Merged	1	1077	13,77	4,19	1	87,8
394.	Merged	1	1081	5,51	2,65	1	80,5
395.	Merged	1	1083	5,51	2,65	1	63
396.	Merged	1	1087	8,26	3,24	1	84,33
397.	Merged	1	1090	5,51	2,65	1	89,5
398.	Merged	1	1091	8,26	3,24	1	86,67
399.	Merged	1	1094	2,75	1,87	1	84
400.	Merged	1	1095	8,26	3,24	1	98,33
401.	Merged	1	1098	11,02	3,75	1	49,5
402.	Merged	1	1099	13,77	4,19	1	69,4
403.	Merged	1	1100	5,51	2,65	1	103
404.	Merged	1	1101	13,77	4,19	1	111,4
405.	Merged	1	1106	8,26	3,24	1	97,33
406.	Merged	1	1111	8,26	3,24	1	69,67
407.	Merged	1	1120	5,51	2,65	1	94
408.	Merged	1	1122	13,77	4,19	1	69,8
409.	Merged	1	1123	16,52	4,59	1	85,5
410.	Merged	1	1129	5,51	2,65	1	79
411.	Merged	1	1132	19,28	4,95	0,798	65,29
412.	Merged	1	1133	11,02	3,75	0,954	112,25
413.	Merged	1	1137	2,75	1,87	1	88
414.	Merged	1	1138	13,77	4,19	1	106,2
415.	Merged	1	1141	16,52	4,59	1	71,5
416.	Merged	1	1144	8,26	3,24	1	79,67
417.	Merged	1	1145	13,77	4,19	1	103,4

(lanjutan)

418.	Merged	1	1146	16,52	4,59	1	91,67
419.	Merged	1	1150	16,52	4,59	1	95,5
420.	Merged	1	1152	16,52	4,59	1	77,5
421.	Merged	1	1155	19,28	4,95	1	99,86
422.	Merged	1	1157	8,26	3,24	1	97,67
423.	Merged	1	1160	8,26	3,24	1	92,33
424.	Merged	1	1162	11,02	3,75	1	63,75
425.	Merged	1	1163	2,75	1,87	1	154
426.	Merged	1	1165	8,26	3,24	0,9	94
427.	Merged	1	1166	2,75	1,87	1	90
428.	Merged	1	1167	11,02	3,75	1	91,5
429.	Merged	1	1168	16,52	4,59	1	69,5
430.	Merged	1	1170	16,52	4,59	1	103,5
431.	Merged	1	1171	13,77	4,19	1	89
432.	Merged	1	1172	8,26	3,24	1	95
433.	Merged	1	1174	2,75	1,87	1	97
434.	Merged	1	1182	2,75	1,87	1	94
435.	Merged	1	1184	8,26	3,24	1	101
436.	Merged	1	1186	16,52	4,59	1	86,5
437.	Merged	1	1188	8,26	3,24	1	78
438.	Merged	1	1189	11,02	3,75	1	81,75
439.	Merged	1	1193	19,28	4,95	0,933	101,29
440.	Merged	1	1195	8,26	3,24	1	105,33
441.	Merged	1	1198	11,02	3,75	1	89,25
442.	Merged	1	1200	16,52	4,59	1	85,5
443.	Merged	1	1201	19,28	4,95	1	78,86
444.	Merged	1	1205	16,52	4,59	0,9	75,83
445.	Merged	1	1208	5,51	2,65	1	78
446.	Merged	1	1213	16,52	4,59	1	93,83
447.	Merged	1	1220	19,28	4,95	0,933	69,57
448.	Merged	1	1222	11,02	3,75	1	96,5
449.	Merged	1	1227	5,51	2,65	1	129,5
450.	Merged	1	1228	16,52	4,59	1	95,17
451.	Merged	1	1229	5,51	2,65	1	131,5
452.	Merged	1	1231	5,51	2,65	1	97
453.	Merged	1	1232	2,75	1,87	1	93
454.	Merged	1	1233	13,77	4,19	1	115,8
455.	Merged	1	1235	5,51	2,65	1	96,5
456.	Merged	1	1241	5,51	2,65	1	83,5
457.	Merged	1	1242	19,28	4,95	1	81,57
458.	Merged	1	1245	16,52	4,59	1	77,33
459.	Merged	1	1246	5,51	2,65	1	88,5
460.	Merged	1	1248	8,26	3,24	1	88,67
461.	Merged	1	1250	2,75	1,87	1	107
462.	Merged	1	1252	13,77	4,19	1	99,6
463.	Merged	1	1253	2,75	1,87	1	85
464.	Merged	1	1255	16,52	4,59	1	97,83
465.	Merged	1	1257	8,26	3,24	1	99,33
466.	Merged	1	1263	5,51	2,65	1	92,5
467.	Merged	1	1264	2,75	1,87	1	91
468.	Merged	1	1265	11,02	3,75	1	77,25
469.	Merged	1	1268	11,02	3,75	1	104
470.	Merged	1	1270	16,52	4,59	1	93,67

(lanjutan)

471.	Merged	1	1274	2,75	1,87	1	104
472.	Merged	1	1275	16,52	4,59	0,9	90
473.	Merged	1	1280	8,26	3,24	1	89,33
474.	Merged	1	1286	11,02	3,75	0,954	87,75
475.	Merged	1	1288	13,77	4,19	1	112,4
476.	Merged	1	1289	8,26	3,24	0,9	102,33
477.	Merged	1	1290	2,75	1,87	1	141
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,59	5,6	2,75	19,28			
EqDiameter	3,52	1,04	1,87	4,95			
Circularity	0,983	0,053	0,628	1			
MeanIntensity	83,83	14,81	37	154			
Area	848000	μm^2					
Nodule Count	562,5	nodule/ mm^2					



(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWDI 5**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged 1	1	1	13,56	4,16	1	99,2
2.	Merged 1	1	2	5,42	2,63	1	89,5
3.	Merged 1	1	4	2,71	1,86	1	111
4.	Merged 1	1	6	10,85	3,72	1	90,5
5.	Merged 1	1	7	8,14	3,22	0,9	114
6.	Merged 1	1	11	13,56	4,16	1	136,2
7.	Merged 1	1	12	2,71	1,86	1	84
8.	Merged 1	1	13	8,14	3,22	1	94,33
9.	Merged 1	1	14	18,99	4,92	1	71,29
10.	Merged 1	1	17	13,56	4,16	1	93,8
11.	Merged 1	1	23	8,14	3,22	1	82
12.	Merged 1	1	24	16,27	4,55	1	71,33
13.	Merged 1	1	25	8,14	3,22	1	77,33
14.	Merged 1	1	27	10,85	3,72	0,954	84,25
15.	Merged 1	1	31	10,85	3,72	1	83,25
16.	Merged 1	1	36	5,42	2,63	1	78
17.	Merged 1	1	38	16,27	4,55	1	91,17
18.	Merged 1	1	39	5,42	2,63	1	85
19.	Merged 1	1	41	5,42	2,63	1	75
20.	Merged 1	1	42	8,14	3,22	1	84,67
21.	Merged 1	1	49	8,14	3,22	1	86
22.	Merged 1	1	50	16,27	4,55	0,9	80,5
23.	Merged 1	1	55	16,27	4,55	1	80,33
24.	Merged 1	1	56	8,14	3,22	1	89
25.	Merged 1	1	58	10,85	3,72	1	109,5
26.	Merged 1	1	59	13,56	4,16	1	66
27.	Merged 1	1	60	8,14	3,22	1	99
28.	Merged 1	1	63	5,42	2,63	1	71
29.	Merged 1	1	67	13,56	4,16	1	65,2
30.	Merged 1	1	69	16,27	4,55	1	82,67
31.	Merged 1	1	70	16,27	4,55	0,9	78,33
32.	Merged 1	1	73	5,42	2,63	1	101
33.	Merged 1	1	74	5,42	2,63	1	76,5
34.	Merged 1	1	77	16,27	4,55	1	77,5
35.	Merged 1	1	78	10,85	3,72	1	71,5
36.	Merged 1	1	81	5,42	2,63	1	96
37.	Merged 1	1	84	5,42	2,63	1	68,5
38.	Merged 1	1	88	2,71	1,86	1	72
39.	Merged 1	1	93	8,14	3,22	0,9	101,67
40.	Merged 1	1	94	13,56	4,16	1	73,2
41.	Merged 1	1	98	10,85	3,72	1	85
42.	Merged 1	1	101	10,85	3,72	1	79,75
43.	Merged 1	1	104	5,42	2,63	1	63,5
44.	Merged 1	1	105	18,99	4,92	0,89	69
45.	Merged 1	1	109	13,56	4,16	1	78
46.	Merged 1	1	111	13,56	4,16	1	99,2

(lanjutan)

47.	Merged 1	1	112	13,56	4,16	1	71
48.	Merged 1	1	118	10,85	3,72	1	84,75
49.	Merged 1	1	122	18,99	4,92	1	82,86
50.	Merged 1	1	123	2,71	1,86	1	92
51.	Merged 1	1	125	16,27	4,55	1	86,17
52.	Merged 1	1	128	10,85	3,72	0,954	79
53.	Merged 1	1	131	2,71	1,86	1	73
54.	Merged 1	1	133	5,42	2,63	1	102,5
55.	Merged 1	1	136	10,85	3,72	1	66,25
56.	Merged 1	1	137	16,27	4,55	0,473	76,33
57.	Merged 1	1	138	10,85	3,72	0,954	79,75
58.	Merged 1	1	140	10,85	3,72	0,718	107,75
59.	Merged 1	1	141	16,27	4,55	0,9	69,67
60.	Merged 1	1	142	18,99	4,92	0,89	89,29
61.	Merged 1	1	144	16,27	4,55	1	86,5
62.	Merged 1	1	145	8,14	3,22	1	79
63.	Merged 1	1	148	10,85	3,72	0,954	92,75
64.	Merged 1	1	150	5,42	2,63	1	81,5
65.	Merged 1	1	153	18,99	4,92	0,933	80
66.	Merged 1	1	158	10,85	3,72	1	71,25
67.	Merged 1	1	160	16,27	4,55	0,8	72,67
68.	Merged 1	1	164	8,14	3,22	1	75,33
69.	Merged 1	1	165	8,14	3,22	1	87,67
70.	Merged 1	1	174	16,27	4,55	1	96,33
71.	Merged 1	1	175	16,27	4,55	1	65,17
72.	Merged 1	1	181	16,27	4,55	1	74,33
73.	Merged 1	1	184	10,85	3,72	1	75
74.	Merged 1	1	186	5,42	2,63	1	81
75.	Merged 1	1	187	2,71	1,86	1	83
76.	Merged 1	1	191	16,27	4,55	0,9	84,17
77.	Merged 1	1	192	13,56	4,16	1	73
78.	Merged 1	1	195	10,85	3,72	1	75,75
79.	Merged 1	1	201	8,14	3,22	0,9	75,33
80.	Merged 1	1	207	8,14	3,22	1	77
81.	Merged 1	1	215	18,99	4,92	1	110,57
82.	Merged 1	1	216	10,85	3,72	1	81,25
83.	Merged 1	1	219	16,27	4,55	1	85,17
84.	Merged 1	1	220	13,56	4,16	1	80,2
85.	Merged 1	1	221	16,27	4,55	1	79,67
86.	Merged 1	1	222	2,71	1,86	1	49
87.	Merged 1	1	223	5,42	2,63	1	71
88.	Merged 1	1	227	2,71	1,86	1	93
89.	Merged 1	1	228	16,27	4,55	1	63,67
90.	Merged 1	1	229	5,42	2,63	1	95
91.	Merged 1	1	232	16,27	4,55	1	59,5
92.	Merged 1	1	234	5,42	2,63	1	83,5
93.	Merged 1	1	235	10,85	3,72	1	80
94.	Merged 1	1	239	10,85	3,72	0,954	104,25
95.	Merged 1	1	246	5,42	2,63	1	83
96.	Merged 1	1	247	5,42	2,63	1	91
97.	Merged 1	1	253	10,85	3,72	1	70
98.	Merged 1	1	255	8,14	3,22	1	78,67
99.	Merged 1	1	257	8,14	3,22	1	88

(lanjutan)

100.	Merged 1	1	261	13,56	4,16	1	97,2
101.	Merged 1	1	262	8,14	3,22	1	62,33
102.	Merged 1	1	264	8,14	3,22	1	97,67
103.	Merged 1	1	267	5,42	2,63	1	86,5
104.	Merged 1	1	269	2,71	1,86	1	86
105.	Merged 1	1	272	5,42	2,63	1	64
106.	Merged 1	1	275	2,71	1,86	1	88
107.	Merged 1	1	277	2,71	1,86	1	92
108.	Merged 1	1	279	5,42	2,63	1	87
109.	Merged 1	1	285	8,14	3,22	1	94
110.	Merged 1	1	287	8,14	3,22	1	93,33
111.	Merged 1	1	291	2,71	1,86	1	83
112.	Merged 1	1	293	5,42	2,63	1	80,5
113.	Merged 1	1	294	10,85	3,72	1	75
114.	Merged 1	1	297	13,56	4,16	1	70,4
115.	Merged 1	1	301	13,56	4,16	0,971	84
116.	Merged 1	1	303	18,99	4,92	1	53,29
117.	Merged 1	1	304	10,85	3,72	0,954	75,75
118.	Merged 1	1	309	10,85	3,72	0,954	76
119.	Merged 1	1	310	10,85	3,72	0,954	73,25
120.	Merged 1	1	313	5,42	2,63	1	84
121.	Merged 1	1	317	2,71	1,86	1	80
122.	Merged 1	1	320	16,27	4,55	1	75
123.	Merged 1	1	321	16,27	4,55	0,9	83,33
124.	Merged 1	1	322	8,14	3,22	1	74
125.	Merged 1	1	323	10,85	3,72	1	95
126.	Merged 1	1	326	10,85	3,72	0,954	92,75
127.	Merged 1	1	330	8,14	3,22	1	87
128.	Merged 1	1	335	5,42	2,63	1	73,5
129.	Merged 1	1	336	10,85	3,72	1	78,25
130.	Merged 1	1	337	8,14	3,22	1	81,33
131.	Merged 1	1	338	18,99	4,92	1	53
132.	Merged 1	1	339	13,56	4,16	1	73,6
133.	Merged 1	1	345	13,56	4,16	1	77,8
134.	Merged 1	1	350	5,42	2,63	1	77
135.	Merged 1	1	351	5,42	2,63	1	86,5
136.	Merged 1	1	353	8,14	3,22	1	73
137.	Merged 1	1	355	13,56	4,16	0,971	83,6
138.	Merged 1	1	359	10,85	3,72	1	88,75
139.	Merged 1	1	360	2,71	1,86	1	89
140.	Merged 1	1	361	10,85	3,72	1	61,5
141.	Merged 1	1	364	16,27	4,55	0,684	65
142.	Merged 1	1	373	8,14	3,22	1	82,67
143.	Merged 1	1	374	10,85	3,72	1	92,75
144.	Merged 1	1	375	10,85	3,72	1	95,25
145.	Merged 1	1	379	2,71	1,86	1	85
146.	Merged 1	1	380	16,27	4,55	1	68,5
147.	Merged 1	1	384	18,99	4,92	1	77,14
148.	Merged 1	1	388	18,99	4,92	0,933	78,43
149.	Merged 1	1	397	10,85	3,72	1	76,5
150.	Merged 1	1	402	13,56	4,16	1	73
151.	Merged 1	1	405	18,99	4,92	0,933	63,57
152.	Merged 1	1	406	5,42	2,63	1	79

(lanjutan)

153.	Merged 1	1	410	16,27	4,55	1	100,33
154.	Merged 1	1	412	10,85	3,72	0,954	86,25
155.	Merged 1	1	414	5,42	2,63	1	87
156.	Merged 1	1	420	18,99	4,92	1	66,14
157.	Merged 1	1	422	18,99	4,92	0,89	76,57
158.	Merged 1	1	423	8,14	3,22	0,9	69,67
159.	Merged 1	1	426	18,99	4,92	0,933	78
160.	Merged 1	1	427	16,27	4,55	1	92
161.	Merged 1	1	430	10,85	3,72	0,954	71,5
162.	Merged 1	1	433	2,71	1,86	1	73
163.	Merged 1	1	434	18,99	4,92	0,933	69,43
164.	Merged 1	1	437	13,56	4,16	1	82,2
165.	Merged 1	1	440	8,14	3,22	1	91
166.	Merged 1	1	442	10,85	3,72	1	91,5
167.	Merged 1	1	443	2,71	1,86	1	76
168.	Merged 1	1	454	5,42	2,63	1	84
169.	Merged 1	1	456	5,42	2,63	1	80,5
170.	Merged 1	1	458	10,85	3,72	0,954	77,75
171.	Merged 1	1	459	2,71	1,86	1	81
172.	Merged 1	1	460	5,42	2,63	1	56
173.	Merged 1	1	463	8,14	3,22	1	81
174.	Merged 1	1	473	5,42	2,63	1	87,5
175.	Merged 1	1	477	5,42	2,63	1	78,5
176.	Merged 1	1	482	13,56	4,16	1	80,6
177.	Merged 1	1	485	16,27	4,55	1	95,5
178.	Merged 1	1	486	8,14	3,22	1	79,33
179.	Merged 1	1	490	2,71	1,86	1	82
180.	Merged 1	1	493	13,56	4,16	1	64
181.	Merged 1	1	494	5,42	2,63	1	64,5
182.	Merged 1	1	497	2,71	1,86	1	85
183.	Merged 1	1	501	5,42	2,63	1	78
184.	Merged 1	1	505	16,27	4,55	0,684	73,67
185.	Merged 1	1	506	2,71	1,86	1	88
186.	Merged 1	1	508	2,71	1,86	1	87
187.	Merged 1	1	509	5,42	2,63	1	79
188.	Merged 1	1	511	2,71	1,86	1	71
189.	Merged 1	1	512	2,71	1,86	1	81
190.	Merged 1	1	513	5,42	2,63	1	82
191.	Merged 1	1	515	5,42	2,63	1	83
192.	Merged 1	1	522	8,14	3,22	1	73,33
193.	Merged 1	1	523	10,85	3,72	0,954	64,75
194.	Merged 1	1	525	8,14	3,22	1	76
195.	Merged 1	1	526	10,85	3,72	1	73,25
196.	Merged 1	1	533	5,42	2,63	1	83
197.	Merged 1	1	537	8,14	3,22	1	77
198.	Merged 1	1	538	5,42	2,63	1	65
199.	Merged 1	1	539	8,14	3,22	0,839	78
200.	Merged 1	1	541	5,42	2,63	1	78
201.	Merged 1	1	542	5,42	2,63	1	89
202.	Merged 1	1	547	13,56	4,16	0,75	76,8
203.	Merged 1	1	549	5,42	2,63	1	63
204.	Merged 1	1	551	5,42	2,63	1	79,5
205.	Merged 1	1	553	8,14	3,22	1	98,67

(lanjutan)

206.	Merged 1	1	556	18,99	4,92	0,72	71,29
207.	Merged 1	1	560	16,27	4,55	1	61,17
208.	Merged 1	1	568	5,42	2,63	1	62
209.	Merged 1	1	571	2,71	1,86	1	76
210.	Merged 1	1	572	18,99	4,92	0,933	77,14
211.	Merged 1	1	573	2,71	1,86	1	94
212.	Merged 1	1	580	2,71	1,86	1	80
213.	Merged 1	1	582	8,14	3,22	1	76
214.	Merged 1	1	585	8,14	3,22	0,9	87,33
215.	Merged 1	1	586	18,99	4,92	0,798	93,14
216.	Merged 1	1	587	13,56	4,16	0,85	96,8
217.	Merged 1	1	592	5,42	2,63	1	73,5
218.	Merged 1	1	595	18,99	4,92	1	93,86
219.	Merged 1	1	602	18,99	4,92	0,933	74,14
220.	Merged 1	1	603	10,85	3,72	1	73,5
221.	Merged 1	1	606	2,71	1,86	1	93
222.	Merged 1	1	609	18,99	4,92	1	76,14
223.	Merged 1	1	612	13,56	4,16	1	90,8
224.	Merged 1	1	617	2,71	1,86	1	83
225.	Merged 1	1	619	10,85	3,72	1	69
226.	Merged 1	1	621	8,14	3,22	1	44
227.	Merged 1	1	622	10,85	3,72	1	60,5
228.	Merged 1	1	623	2,71	1,86	1	76
229.	Merged 1	1	626	2,71	1,86	1	79
230.	Merged 1	1	627	16,27	4,55	1	72,5
231.	Merged 1	1	631	5,42	2,63	1	73
232.	Merged 1	1	632	2,71	1,86	1	84
233.	Merged 1	1	636	13,56	4,16	1	76
234.	Merged 1	1	639	2,71	1,86	1	83
235.	Merged 1	1	640	13,56	4,16	1	85,8
236.	Merged 1	1	641	18,99	4,92	0,933	75,43
237.	Merged 1	1	643	13,56	4,16	0,75	80,4
238.	Merged 1	1	644	13,56	4,16	0,713	72,8
239.	Merged 1	1	647	16,27	4,55	0,763	79
240.	Merged 1	1	650	18,99	4,92	0,72	84,57
241.	Merged 1	1	651	5,42	2,63	1	89,5
242.	Merged 1	1	654	2,71	1,86	1	72
243.	Merged 1	1	655	5,42	2,63	1	82
244.	Merged 1	1	659	16,27	4,55	1	63
245.	Merged 1	1	661	18,99	4,92	1	82,57
246.	Merged 1	1	663	10,85	3,72	1	85,75
247.	Merged 1	1	665	5,42	2,63	1	75
248.	Merged 1	1	666	5,42	2,63	1	82
249.	Merged 1	1	667	10,85	3,72	0,954	88,75
250.	Merged 1	1	670	5,42	2,63	1	79,5
251.	Merged 1	1	678	18,99	4,92	1	87,86
252.	Merged 1	1	680	16,27	4,55	1	86
253.	Merged 1	1	681	13,56	4,16	0,971	102,2
254.	Merged 1	1	682	5,42	2,63	1	73,5
255.	Merged 1	1	683	8,14	3,22	1	80,33
256.	Merged 1	1	686	10,85	3,72	1	68
257.	Merged 1	1	687	16,27	4,55	0,655	72,5
258.	Merged 1	1	691	2,71	1,86	1	82

(lanjutan)

259.	Merged 1	1	697	2,71	1,86	1	69
260.	Merged 1	1	698	2,71	1,86	1	90
261.	Merged 1	1	701	5,42	2,63	1	66,5
262.	Merged 1	1	702	5,42	2,63	1	101,5
263.	Merged 1	1	707	5,42	2,63	1	83,5
264.	Merged 1	1	712	5,42	2,63	1	66
265.	Merged 1	1	713	5,42	2,63	1	82,5
266.	Merged 1	1	714	2,71	1,86	1	77
267.	Merged 1	1	718	13,56	4,16	1	82,2
268.	Merged 1	1	721	16,27	4,55	1	69,83
269.	Merged 1	1	725	5,42	2,63	1	96,5
270.	Merged 1	1	726	10,85	3,72	1	75,75
271.	Merged 1	1	727	13,56	4,16	1	83,4
272.	Merged 1	1	730	8,14	3,22	1	61,33
273.	Merged 1	1	732	10,85	3,72	1	77
274.	Merged 1	1	733	8,14	3,22	0,9	110
275.	Merged 1	1	735	5,42	2,63	1	77,5
276.	Merged 1	1	739	10,85	3,72	0,954	85,5
277.	Merged 1	1	741	8,14	3,22	1	74,67
278.	Merged 1	1	745	10,85	3,72	0,954	79,75
279.	Merged 1	1	749	8,14	3,22	1	98
280.	Merged 1	1	753	10,85	3,72	1	88,5
281.	Merged 1	1	755	10,85	3,72	0,823	74,25
282.	Merged 1	1	756	16,27	4,55	1	73,17
283.	Merged 1	1	761	2,71	1,86	1	86
284.	Merged 1	1	766	18,99	4,92	0,933	88,86
285.	Merged 1	1	777	8,14	3,22	1	80,33
286.	Merged 1	1	781	5,42	2,63	1	72,5
287.	Merged 1	1	787	2,71	1,86	1	88
288.	Merged 1	1	792	18,99	4,92	1	83,43
289.	Merged 1	1	798	13,56	4,16	1	61,6
290.	Merged 1	1	805	16,27	4,55	1	75,17
291.	Merged 1	1	806	2,71	1,86	1	81
292.	Merged 1	1	808	5,42	2,63	1	75,5
293.	Merged 1	1	815	16,27	4,55	1	75,83
294.	Merged 1	1	820	2,71	1,86	1	80
295.	Merged 1	1	823	18,99	4,92	1	68,43
296.	Merged 1	1	824	2,71	1,86	1	80
297.	Merged 1	1	827	16,27	4,55	1	75,5
298.	Merged 1	1	828	16,27	4,55	1	68,5
299.	Merged 1	1	831	2,71	1,86	1	87
300.	Merged 1	1	836	10,85	3,72	0,954	81,25
301.	Merged 1	1	837	8,14	3,22	1	84
302.	Merged 1	1	839	10,85	3,72	1	89,5
303.	Merged 1	1	842	10,85	3,72	1	82
304.	Merged 1	1	843	13,56	4,16	1	71,4
305.	Merged 1	1	850	16,27	4,55	1	71,33
306.	Merged 1	1	851	2,71	1,86	1	62
307.	Merged 1	1	854	10,85	3,72	1	66,75
308.	Merged 1	1	856	13,56	4,16	1	130,2
309.	Merged 1	1	862	18,99	4,92	0,798	78,14
310.	Merged 1	1	866	13,56	4,16	1	93,2
311.	Merged 1	1	867	16,27	4,55	1	86,5

(lanjutan)

312.	Merged 1	1	872	8,14	3,22	1	73,33
313.	Merged 1	1	880	10,85	3,72	0,954	113,75
314.	Merged 1	1	881	8,14	3,22	1	102,33
315.	Merged 1	1	882	13,56	4,16	1	74,2
316.	Merged 1	1	884	16,27	4,55	1	85
317.	Merged 1	1	887	5,42	2,63	1	69,5
318.	Merged 1	1	890	13,56	4,16	1	83,4
319.	Merged 1	1	891	8,14	3,22	1	84,33
320.	Merged 1	1	892	16,27	4,55	0,684	64,83
321.	Merged 1	1	893	16,27	4,55	0,9	77,67
322.	Merged 1	1	895	18,99	4,92	1	74,14
323.	Merged 1	1	896	2,71	1,86	1	80
324.	Merged 1	1	903	5,42	2,63	1	96,5
325.	Merged 1	1	906	13,56	4,16	1	76,8
326.	Merged 1	1	908	2,71	1,86	1	97
327.	Merged 1	1	909	16,27	4,55	1	86,33
328.	Merged 1	1	918	13,56	4,16	1	73,2
329.	Merged 1	1	921	13,56	4,16	1	83,2
330.	Merged 1	1	922	8,14	3,22	0,9	79,67
331.	Merged 1	1	924	10,85	3,72	0,954	98,5
332.	Merged 1	1	932	13,56	4,16	1	91
333.	Merged 1	1	934	13,56	4,16	1	88
334.	Merged 1	1	938	5,42	2,63	1	71,5
335.	Merged 1	1	942	10,85	3,72	1	106,75
336.	Merged 1	1	950	10,85	3,72	1	71,25
337.	Merged 1	1	951	2,71	1,86	1	70
338.	Merged 1	1	953	10,85	3,72	1	91,5
339.	Merged 1	1	954	10,85	3,72	0,954	74,25
340.	Merged 1	1	955	18,99	4,92	1	69,71
341.	Merged 1	1	959	2,71	1,86	1	96
342.	Merged 1	1	962	10,85	3,72	1	91
343.	Merged 1	1	964	2,71	1,86	1	69
344.	Merged 1	1	965	5,42	2,63	1	66,5
345.	Merged 1	1	966	5,42	2,63	1	85,5
346.	Merged 1	1	967	18,99	4,92	1	86,29
347.	Merged 1	1	968	2,71	1,86	1	97
348.	Merged 1	1	970	18,99	4,92	0,89	69,86
349.	Merged 1	1	972	13,56	4,16	1	68,6
350.	Merged 1	1	973	10,85	3,72	1	72,25
351.	Merged 1	1	974	8,14	3,22	1	78,67
352.	Merged 1	1	975	8,14	3,22	0,9	70,67
353.	Merged 1	1	976	13,56	4,16	1	87,6
354.	Merged 1	1	981	8,14	3,22	1	86,33
355.	Merged 1	1	982	5,42	2,63	1	91,5
356.	Merged 1	1	984	2,71	1,86	1	91
357.	Merged 1	1	988	5,42	2,63	1	102,5
358.	Merged 1	1	990	10,85	3,72	1	78,75
359.	Merged 1	1	993	13,56	4,16	1	68,8
360.	Merged 1	1	996	2,71	1,86	1	97
361.	Merged 1	1	999	18,99	4,92	0,933	85,29
362.	Merged 1	1	1000	13,56	4,16	0,971	81,2
363.	Merged 1	1	1013	2,71	1,86	1	90
364.	Merged 1	1	1014	8,14	3,22	1	83,33

(lanjutan)

365.	Merged 1	1	1025	16,27	4,55	1	81,67
366.	Merged 1	1	1026	13,56	4,16	1	79,2
367.	Merged 1	1	1029	8,14	3,22	1	81
368.	Merged 1	1	1031	2,71	1,86	1	79
369.	Merged 1	1	1033	5,42	2,63	1	78,5
370.	Merged 1	1	1036	13,56	4,16	0,85	76,8
371.	Merged 1	1	1038	16,27	4,55	1	78,5
372.	Merged 1	1	1039	13,56	4,16	1	80,4
373.	Merged 1	1	1042	18,99	4,92	0,89	93,14
374.	Merged 1	1	1043	2,71	1,86	1	125
375.	Merged 1	1	1045	16,27	4,55	0,9	94,83
376.	Merged 1	1	1046	16,27	4,55	1	89,5
377.	Merged 1	1	1047	8,14	3,22	1	96,67
378.	Merged 1	1	1052	16,27	4,55	1	84,17
379.	Merged 1	1	1055	18,99	4,92	1	83,14
380.	Merged 1	1	1059	5,42	2,63	1	100,5
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,1	5,19	2,71	18,99			
EqDiameter	3,45	0,97	1,86	4,92			
Circularity	0,977	0,063	0,473	1			
MeanIntensity	81,24	11,67	44	136,2			
Area	840000	μm^2					
Nodule Count	452,38095	nodule/mm ²					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWADI 1**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	2	13,66	4,17	0,57	114,2
2.	Merged	1	4	5,47	2,64	1	132
3.	Merged	1	6	5,47	2,64	1	63
4.	Merged	1	13	2,73	1,87	1	107
5.	Merged	1	21	13,66	4,17	0,57	74,4
6.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	116,5
7.	Merged	1	25	2,73	1,87	1	79
8.	Merged	1	26	5,47	2,64	1	108,5
9.	Merged	1	30	5,47	2,64	1	89,5
10.	Merged	1	33	19,13	4,94	0,489	93
11.	Merged	1	37	13,66	4,17	1	99,4
12.	Merged	1	47	8,2	3,23	0,839	34,33
13.	Merged	1	49	19,13	4,94	0,628	114,71
14.	Merged	1	50	10,93	3,73	1	87,25
15.	Merged	1	52	2,73	1,87	1	78
16.	Merged	1	56	5,47	2,64	1	66,5
17.	Merged	1	60	10,93	3,73	1	96,75
18.	Merged	1	61	13,66	4,17	1	111,6
19.	Merged	1	70	13,66	4,17	0,636	65
20.	Merged	1	71	16,4	4,57	1	81,83
21.	Merged	1	77	2,73	1,87	1	62
22.	Merged	1	79	5,47	2,64	1	84
23.	Merged	1	81	19,13	4,94	1	91,14
24.	Merged	1	84	2,73	1,87	1	64
25.	Merged	1	95	10,93	3,73	0,954	76,25
26.	Merged	1	96	5,47	2,64	1	72,5
27.	Merged	1	99	8,2	3,23	0,784	65,33
28.	Merged	1	108	2,73	1,87	1	101
29.	Merged	1	113	5,47	2,64	1	96,5
30.	Merged	1	114	13,66	4,17	0,546	43,4
31.	Merged	1	122	19,13	4,94	0,89	82,71
32.	Merged	1	128	19,13	4,94	0,431	57,43
33.	Merged	1	129	2,73	1,87	1	55
34.	Merged	1	130	2,73	1,87	1	86
35.	Merged	1	132	8,2	3,23	0,839	91,67
36.	Merged	1	139	2,73	1,87	1	81
37.	Merged	1	142	5,47	2,64	1	29,5
38.	Merged	1	144	5,47	2,64	1	69,5
39.	Merged	1	147	13,66	4,17	1	76
40.	Merged	1	149	2,73	1,87	1	115
41.	Merged	1	150	8,2	3,23	0,9	24,67
42.	Merged	1	155	16,4	4,57	0,491	22,67
43.	Merged	1	164	8,2	3,23	0,839	49,33
44.	Merged	1	170	2,73	1,87	1	80
45.	Merged	1	171	8,2	3,23	0,839	80,67
46.	Merged	1	173	2,73	1,87	1	72

(lanjutan)

47.	Merged	1	176	16,4	4,57	0,9	77,83
48.	Merged	1	179	13,66	4,17	0,75	73,8
49.	Merged	1	180	16,4	4,57	0,9	77,5
50.	Merged	1	181	2,73	1,87	1	69
51.	Merged	1	192	13,66	4,17	1	74,2
52.	Merged	1	194	10,93	3,73	1	83,25
53.	Merged	1	196	2,73	1,87	1	84
54.	Merged	1	213	2,73	1,87	1	82
55.	Merged	1	216	2,73	1,87	1	73
56.	Merged	1	220	13,66	4,17	1	81,6
57.	Merged	1	221	8,2	3,23	1	83,67
58.	Merged	1	224	10,93	3,73	0,68	22,25
59.	Merged	1	230	8,2	3,23	0,839	61,33
60.	Merged	1	231	13,66	4,17	0,596	83,4
61.	Merged	1	235	8,2	3,23	0,9	16,33
62.	Merged	1	237	13,66	4,17	0,636	42,8
63.	Merged	1	239	2,73	1,87	1	71
64.	Merged	1	241	19,13	4,94	0,691	81,29
65.	Merged	1	243	8,2	3,23	1	56,33
66.	Merged	1	245	2,73	1,87	1	76
67.	Merged	1	248	2,73	1,87	1	89
68.	Merged	1	253	10,93	3,73	0,645	53
69.	Merged	1	254	13,66	4,17	0,523	88
70.	Merged	1	256	16,4	4,57	1	82
71.	Merged	1	257	5,47	2,64	1	89
72.	Merged	1	258	2,73	1,87	1	70
73.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	94
74.	Merged	1	266	16,4	4,57	0,9	81,17
75.	Merged	1	267	19,13	4,94	1	72
76.	Merged	1	268	2,73	1,87	1	111
77.	Merged	1	276	2,73	1,87	1	66
78.	Merged	1	277	2,73	1,87	1	89
79.	Merged	1	288	5,47	2,64	1	42,5
80.	Merged	1	289	10,93	3,73	1	99
81.	Merged	1	290	8,2	3,23	1	49,33
82.	Merged	1	291	19,13	4,94	0,525	68,86
83.	Merged	1	295	19,13	4,94	1	76,86
84.	Merged	1	296	5,47	2,64	1	87,5
85.	Merged	1	301	10,93	3,73	0,777	87,25
86.	Merged	1	312	5,47	2,64	1	70
87.	Merged	1	314	2,73	1,87	1	71
88.	Merged	1	316	13,66	4,17	0,57	28,6
89.	Merged	1	317	16,4	4,57	0,538	117,33
90.	Merged	1	318	10,93	3,73	0,68	43
91.	Merged	1	320	5,47	2,64	1	78
92.	Merged	1	321	8,2	3,23	0,839	65,67
93.	Merged	1	322	8,2	3,23	0,839	73
94.	Merged	1	324	10,93	3,73	0,777	52
95.	Merged	1	328	2,73	1,87	1	79
96.	Merged	1	332	5,47	2,64	1	74,5
97.	Merged	1	333	8,2	3,23	0,839	64,33
98.	Merged	1	336	16,4	4,57	0,655	83,5
99.	Merged	1	347	2,73	1,87	1	84

(lanjutan)

100.	Merged	1	354	8,2	3,23	1	64,67
101.	Merged	1	356	2,73	1,87	1	50
102.	Merged	1	357	10,93	3,73	0,718	127,25
103.	Merged	1	366	8,2	3,23	0,784	30
104.	Merged	1	367	5,47	2,64	1	109
105.	Merged	1	371	2,73	1,87	1	79
106.	Merged	1	372	2,73	1,87	1	85
107.	Merged	1	374	2,73	1,87	1	49
108.	Merged	1	378	2,73	1,87	1	82
109.	Merged	1	381	5,47	2,64	1	76
110.	Merged	1	382	13,66	4,17	0,636	68,4
111.	Merged	1	383	2,73	1,87	1	83
112.	Merged	1	388	2,73	1,87	1	79
113.	Merged	1	393	8,2	3,23	1	83
114.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	45
115.	Merged	1	402	2,73	1,87	1	71
116.	Merged	1	404	8,2	3,23	1	54,67
117.	Merged	1	408	2,73	1,87	1	57
118.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	71
119.	Merged	1	410	5,47	2,64	1	59
120.	Merged	1	413	19,13	4,94	0,489	43
121.	Merged	1	415	2,73	1,87	1	109
122.	Merged	1	416	19,13	4,94	0,392	29,71
123.	Merged	1	417	19,13	4,94	0,466	48,43
124.	Merged	1	418	2,73	1,87	1	79
125.	Merged	1	422	8,2	3,23	1	54
126.	Merged	1	423	13,66	4,17	1	83,4
127.	Merged	1	424	2,73	1,87	1	45
128.	Merged	1	425	16,4	4,57	0,684	81,5
129.	Merged	1	426	2,73	1,87	1	94
130.	Merged	1	428	8,2	3,23	0,9	63,33
131.	Merged	1	429	2,73	1,87	1	64
132.	Merged	1	430	5,47	2,64	1	80
133.	Merged	1	431	5,47	2,64	1	92,5
134.	Merged	1	433	2,73	1,87	1	52
135.	Merged	1	434	13,66	4,17	0,546	74,4
136.	Merged	1	435	2,73	1,87	1	46
137.	Merged	1	440	10,93	3,73	0,68	41
138.	Merged	1	441	8,2	3,23	1	79
139.	Merged	1	442	13,66	4,17	1	105,6
140.	Merged	1	443	5,47	2,64	1	52
141.	Merged	1	445	13,66	4,17	0,57	54,2
142.	Merged	1	449	10,93	3,73	1	73,75
143.	Merged	1	452	13,66	4,17	0,636	89,2
144.	Merged	1	455	10,93	3,73	1	80
145.	Merged	1	457	16,4	4,57	0,592	92,33
146.	Merged	1	466	5,47	2,64	1	74,5
147.	Merged	1	470	5,47	2,64	1	104,5
148.	Merged	1	471	5,47	2,64	1	63
149.	Merged	1	473	2,73	1,87	1	73
150.	Merged	1	475	2,73	1,87	1	65
151.	Merged	1	478	8,2	3,23	1	18
152.	Merged	1	480	5,47	2,64	1	59

(lanjutan)

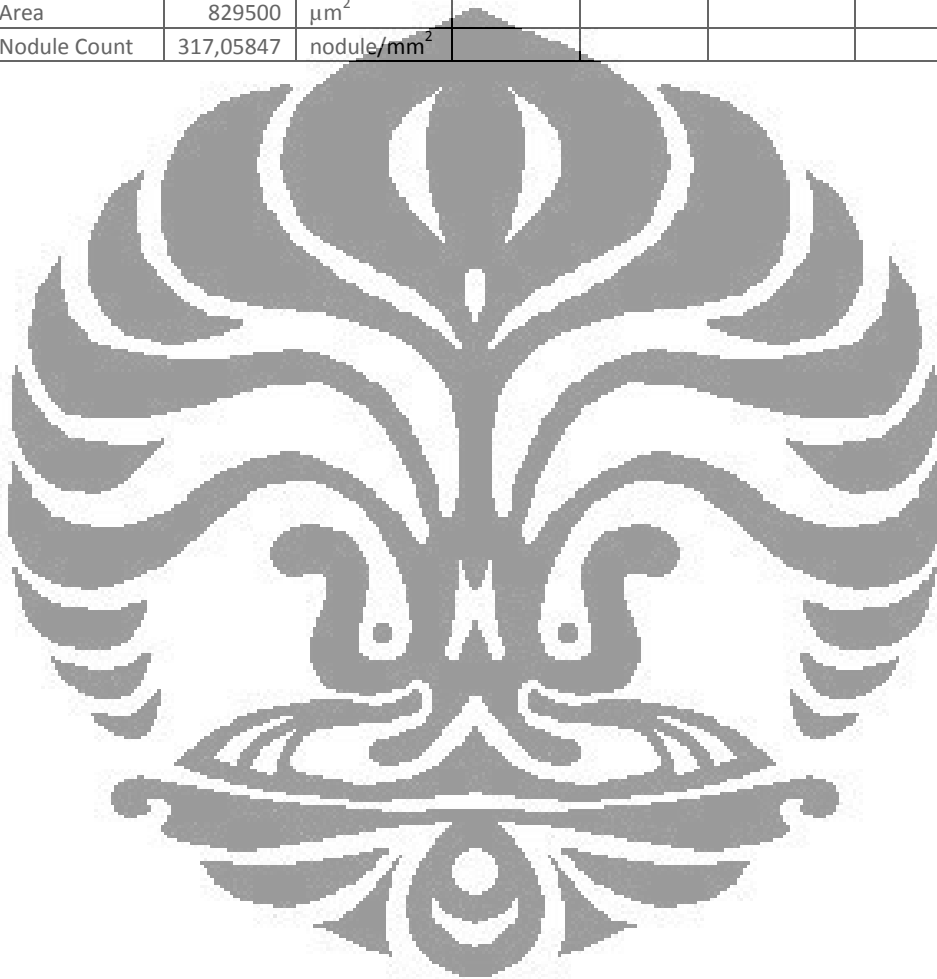
153.	Merged	1	482	16,4	4,57	0,473	72,67
154.	Merged	1	483	8,2	3,23	0,9	57
155.	Merged	1	484	19,13	4,94	0,392	31,86
156.	Merged	1	486	2,73	1,87	1	62
157.	Merged	1	487	5,47	2,64	1	47,5
158.	Merged	1	488	5,47	2,64	1	52,5
159.	Merged	1	489	5,47	2,64	1	41,5
160.	Merged	1	490	5,47	2,64	1	110
161.	Merged	1	493	5,47	2,64	1	37,5
162.	Merged	1	496	2,73	1,87	1	91
163.	Merged	1	497	2,73	1,87	1	47
164.	Merged	1	498	5,47	2,64	1	45
165.	Merged	1	500	2,73	1,87	1	66
166.	Merged	1	502	2,73	1,87	1	66
167.	Merged	1	503	5,47	2,64	1	41
168.	Merged	1	504	2,73	1,87	1	98
169.	Merged	1	505	2,73	1,87	1	49
170.	Merged	1	506	8,2	3,23	1	84,67
171.	Merged	1	509	2,73	1,87	1	75
172.	Merged	1	512	13,66	4,17	1	91
173.	Merged	1	515	2,73	1,87	1	80
174.	Merged	1	518	16,4	4,57	1	83,83
175.	Merged	1	519	10,93	3,73	0,954	49,5
176.	Merged	1	521	13,66	4,17	0,546	32,2
177.	Merged	1	523	2,73	1,87	1	95
178.	Merged	1	524	10,93	3,73	1	73,25
179.	Merged	1	525	10,93	3,73	0,954	81,75
180.	Merged	1	528	2,73	1,87	1	51
181.	Merged	1	538	13,66	4,17	0,636	76,6
182.	Merged	1	539	10,93	3,73	0,954	103,25
183.	Merged	1	543	2,73	1,87	1	104
184.	Merged	1	545	5,47	2,64	1	83
185.	Merged	1	547	2,73	1,87	1	132
186.	Merged	1	548	2,73	1,87	1	22
187.	Merged	1	550	19,13	4,94	0,417	82,71
188.	Merged	1	551	2,73	1,87	1	62
189.	Merged	1	552	5,47	2,64	1	90
190.	Merged	1	553	13,66	4,17	0,523	52,8
191.	Merged	1	555	13,66	4,17	0,57	88,6
192.	Merged	1	559	5,47	2,64	1	68
193.	Merged	1	561	5,47	2,64	1	62
194.	Merged	1	565	5,47	2,64	1	53,5
195.	Merged	1	566	5,47	2,64	1	45,5
196.	Merged	1	567	13,66	4,17	0,57	27,4
197.	Merged	1	568	2,73	1,87	1	80
198.	Merged	1	569	5,47	2,64	1	33
199.	Merged	1	570	8,2	3,23	1	68,67
200.	Merged	1	572	16,4	4,57	0,518	40,33
201.	Merged	1	574	5,47	2,64	1	78
202.	Merged	1	578	5,47	2,64	1	76,5
203.	Merged	1	580	2,73	1,87	1	48
204.	Merged	1	584	16,4	4,57	1	93
205.	Merged	1	590	10,93	3,73	0,954	43,75

(lanjutan)

206.	Merged	1	592	5,47	2,64	1	71,5
207.	Merged	1	594	2,73	1,87	1	61
208.	Merged	1	596	2,73	1,87	1	59
209.	Merged	1	598	5,47	2,64	1	77,5
210.	Merged	1	599	2,73	1,87	1	42
211.	Merged	1	600	10,93	3,73	0,645	75,5
212.	Merged	1	601	10,93	3,73	1	83,25
213.	Merged	1	603	2,73	1,87	1	88
214.	Merged	1	604	8,2	3,23	1	91,33
215.	Merged	1	606	10,93	3,73	0,68	30,5
216.	Merged	1	612	5,47	2,64	1	102
217.	Merged	1	613	5,47	2,64	1	64
218.	Merged	1	617	2,73	1,87	1	55
219.	Merged	1	618	2,73	1,87	1	66
220.	Merged	1	622	8,2	3,23	1	33
221.	Merged	1	623	13,66	4,17	0,546	64,4
222.	Merged	1	627	2,73	1,87	1	122
223.	Merged	1	632	8,2	3,23	1	81,33
224.	Merged	1	633	5,47	2,64	1	70
225.	Merged	1	634	13,66	4,17	0,971	91,4
226.	Merged	1	639	8,2	3,23	1	101
227.	Merged	1	641	19,13	4,94	0,798	83,71
228.	Merged	1	646	10,93	3,73	1	57,25
229.	Merged	1	650	10,93	3,73	1	80,25
230.	Merged	1	655	10,93	3,73	0,777	107
231.	Merged	1	657	16,4	4,57	0,9	84
232.	Merged	1	664	5,47	2,64	1	89
233.	Merged	1	666	10,93	3,73	0,645	46
234.	Merged	1	667	2,73	1,87	1	64
235.	Merged	1	670	5,47	2,64	1	40
236.	Merged	1	671	8,2	3,23	0,9	60,33
237.	Merged	1	679	19,13	4,94	0,664	97,14
238.	Merged	1	681	5,47	2,64	1	22,5
239.	Merged	1	683	2,73	1,87	1	92
240.	Merged	1	685	2,73	1,87	1	43
241.	Merged	1	686	2,73	1,87	1	52
242.	Merged	1	688	10,93	3,73	0,68	43,75
243.	Merged	1	690	2,73	1,87	1	61
244.	Merged	1	700	10,93	3,73	1	86
245.	Merged	1	718	8,2	3,23	0,9	65
246.	Merged	1	720	13,66	4,17	0,607	11
247.	Merged	1	721	13,66	4,17	0,666	118,4
248.	Merged	1	724	19,13	4,94	0,417	44,29
249.	Merged	1	735	2,73	1,87	1	32
250.	Merged	1	740	8,2	3,23	0,9	102
251.	Merged	1	741	10,93	3,73	0,777	97,5
252.	Merged	1	744	2,73	1,87	1	99
253.	Merged	1	747	13,66	4,17	0,546	28,4
254.	Merged	1	750	5,47	2,64	1	22
255.	Merged	1	751	8,2	3,23	1	96
256.	Merged	1	753	2,73	1,87	1	93
257.	Merged	1	756	16,4	4,57	0,9	103,33
258.	Merged	1	760	13,66	4,17	0,636	31,6

(lanjutan)

259.	Merged	1	762	16,4	4,57	1	73,5
260.	Merged	1	764	2,73	1,87	1	86
261.	Merged	1	766	19,13	4,94	0,89	97,14
262.	Merged	1	769	10,93	3,73	0,718	140,75
263.	Merged	1	770	13,66	4,17	0,596	117,6
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	8,27	5,26	2,73	19,13			
EqDiameter	3,08	1,03	1,87	4,94			
Circularity	0,899	0,17	0,392	1			
MeanIntensity	71,87	24,16	11	140,75			
Area	829500	μm^2					
Nodule Count	317,05847	nodule/ mm^2					



A large, stylized, symmetrical decorative graphic in the background, resembling a traditional Indonesian motif like a batik or a stylized floral design. It is centered and rendered in a light gray color.

LAMPIRAN 4

Data Hasil Perhitungan

**Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata
TWADI dengan software NIS-Elements**

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWADI 1**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	2	13,66	4,17	0,57	114,2
2.	Merged	1	4	5,47	2,64	1	132
3.	Merged	1	6	5,47	2,64	1	63
4.	Merged	1	13	2,73	1,87	1	107
5.	Merged	1	21	13,66	4,17	0,57	74,4
6.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	116,5
7.	Merged	1	25	2,73	1,87	1	79
8.	Merged	1	26	5,47	2,64	1	108,5
9.	Merged	1	30	5,47	2,64	1	89,5
10.	Merged	1	33	19,13	4,94	0,489	93
11.	Merged	1	37	13,66	4,17	1	99,4
12.	Merged	1	47	8,2	3,23	0,839	34,33
13.	Merged	1	49	19,13	4,94	0,628	114,71
14.	Merged	1	50	10,93	3,73	1	87,25
15.	Merged	1	52	2,73	1,87	1	78
16.	Merged	1	56	5,47	2,64	1	66,5
17.	Merged	1	60	10,93	3,73	1	96,75
18.	Merged	1	61	13,66	4,17	1	111,6
19.	Merged	1	70	13,66	4,17	0,636	65
20.	Merged	1	71	16,4	4,57	1	81,83
21.	Merged	1	77	2,73	1,87	1	62
22.	Merged	1	79	5,47	2,64	1	84
23.	Merged	1	81	19,13	4,94	1	91,14
24.	Merged	1	84	2,73	1,87	1	64
25.	Merged	1	95	10,93	3,73	0,954	76,25
26.	Merged	1	96	5,47	2,64	1	72,5
27.	Merged	1	99	8,2	3,23	0,784	65,33
28.	Merged	1	108	2,73	1,87	1	101
29.	Merged	1	113	5,47	2,64	1	96,5
30.	Merged	1	114	13,66	4,17	0,546	43,4
31.	Merged	1	122	19,13	4,94	0,89	82,71
32.	Merged	1	128	19,13	4,94	0,431	57,43
33.	Merged	1	129	2,73	1,87	1	55
34.	Merged	1	130	2,73	1,87	1	86
35.	Merged	1	132	8,2	3,23	0,839	91,67
36.	Merged	1	139	2,73	1,87	1	81
37.	Merged	1	142	5,47	2,64	1	29,5
38.	Merged	1	144	5,47	2,64	1	69,5
39.	Merged	1	147	13,66	4,17	1	76
40.	Merged	1	149	2,73	1,87	1	115
41.	Merged	1	150	8,2	3,23	0,9	24,67
42.	Merged	1	155	16,4	4,57	0,491	22,67
43.	Merged	1	164	8,2	3,23	0,839	49,33
44.	Merged	1	170	2,73	1,87	1	80
45.	Merged	1	171	8,2	3,23	0,839	80,67
46.	Merged	1	173	2,73	1,87	1	72

(lanjutan)

47.	Merged	1	176	16,4	4,57	0,9	77,83
48.	Merged	1	179	13,66	4,17	0,75	73,8
49.	Merged	1	180	16,4	4,57	0,9	77,5
50.	Merged	1	181	2,73	1,87	1	69
51.	Merged	1	192	13,66	4,17	1	74,2
52.	Merged	1	194	10,93	3,73	1	83,25
53.	Merged	1	196	2,73	1,87	1	84
54.	Merged	1	213	2,73	1,87	1	82
55.	Merged	1	216	2,73	1,87	1	73
56.	Merged	1	220	13,66	4,17	1	81,6
57.	Merged	1	221	8,2	3,23	1	83,67
58.	Merged	1	224	10,93	3,73	0,68	22,25
59.	Merged	1	230	8,2	3,23	0,839	61,33
60.	Merged	1	231	13,66	4,17	0,596	83,4
61.	Merged	1	235	8,2	3,23	0,9	16,33
62.	Merged	1	237	13,66	4,17	0,636	42,8
63.	Merged	1	239	2,73	1,87	1	71
64.	Merged	1	241	19,13	4,94	0,691	81,29
65.	Merged	1	243	8,2	3,23	1	56,33
66.	Merged	1	245	2,73	1,87	1	76
67.	Merged	1	248	2,73	1,87	1	89
68.	Merged	1	253	10,93	3,73	0,645	53
69.	Merged	1	254	13,66	4,17	0,523	88
70.	Merged	1	256	16,4	4,57	1	82
71.	Merged	1	257	5,47	2,64	1	89
72.	Merged	1	258	2,73	1,87	1	70
73.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	94
74.	Merged	1	266	16,4	4,57	0,9	81,17
75.	Merged	1	267	19,13	4,94	1	72
76.	Merged	1	268	2,73	1,87	1	111
77.	Merged	1	276	2,73	1,87	1	66
78.	Merged	1	277	2,73	1,87	1	89
79.	Merged	1	288	5,47	2,64	1	42,5
80.	Merged	1	289	10,93	3,73	1	99
81.	Merged	1	290	8,2	3,23	1	49,33
82.	Merged	1	291	19,13	4,94	0,525	68,86
83.	Merged	1	295	19,13	4,94	1	76,86
84.	Merged	1	296	5,47	2,64	1	87,5
85.	Merged	1	301	10,93	3,73	0,777	87,25
86.	Merged	1	312	5,47	2,64	1	70
87.	Merged	1	314	2,73	1,87	1	71
88.	Merged	1	316	13,66	4,17	0,57	28,6
89.	Merged	1	317	16,4	4,57	0,538	117,33
90.	Merged	1	318	10,93	3,73	0,68	43
91.	Merged	1	320	5,47	2,64	1	78
92.	Merged	1	321	8,2	3,23	0,839	65,67
93.	Merged	1	322	8,2	3,23	0,839	73
94.	Merged	1	324	10,93	3,73	0,777	52
95.	Merged	1	328	2,73	1,87	1	79
96.	Merged	1	332	5,47	2,64	1	74,5
97.	Merged	1	333	8,2	3,23	0,839	64,33
98.	Merged	1	336	16,4	4,57	0,655	83,5
99.	Merged	1	347	2,73	1,87	1	84

(lanjutan)

100.	Merged	1	354	8,2	3,23	1	64,67
101.	Merged	1	356	2,73	1,87	1	50
102.	Merged	1	357	10,93	3,73	0,718	127,25
103.	Merged	1	366	8,2	3,23	0,784	30
104.	Merged	1	367	5,47	2,64	1	109
105.	Merged	1	371	2,73	1,87	1	79
106.	Merged	1	372	2,73	1,87	1	85
107.	Merged	1	374	2,73	1,87	1	49
108.	Merged	1	378	2,73	1,87	1	82
109.	Merged	1	381	5,47	2,64	1	76
110.	Merged	1	382	13,66	4,17	0,636	68,4
111.	Merged	1	383	2,73	1,87	1	83
112.	Merged	1	388	2,73	1,87	1	79
113.	Merged	1	393	8,2	3,23	1	83
114.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	45
115.	Merged	1	402	2,73	1,87	1	71
116.	Merged	1	404	8,2	3,23	1	54,67
117.	Merged	1	408	2,73	1,87	1	57
118.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	71
119.	Merged	1	410	5,47	2,64	1	59
120.	Merged	1	413	19,13	4,94	0,489	43
121.	Merged	1	415	2,73	1,87	1	109
122.	Merged	1	416	19,13	4,94	0,392	29,71
123.	Merged	1	417	19,13	4,94	0,466	48,43
124.	Merged	1	418	2,73	1,87	1	79
125.	Merged	1	422	8,2	3,23	1	54
126.	Merged	1	423	13,66	4,17	1	83,4
127.	Merged	1	424	2,73	1,87	1	45
128.	Merged	1	425	16,4	4,57	0,684	81,5
129.	Merged	1	426	2,73	1,87	1	94
130.	Merged	1	428	8,2	3,23	0,9	63,33
131.	Merged	1	429	2,73	1,87	1	64
132.	Merged	1	430	5,47	2,64	1	80
133.	Merged	1	431	5,47	2,64	1	92,5
134.	Merged	1	433	2,73	1,87	1	52
135.	Merged	1	434	13,66	4,17	0,546	74,4
136.	Merged	1	435	2,73	1,87	1	46
137.	Merged	1	440	10,93	3,73	0,68	41
138.	Merged	1	441	8,2	3,23	1	79
139.	Merged	1	442	13,66	4,17	1	105,6
140.	Merged	1	443	5,47	2,64	1	52
141.	Merged	1	445	13,66	4,17	0,57	54,2
142.	Merged	1	449	10,93	3,73	1	73,75
143.	Merged	1	452	13,66	4,17	0,636	89,2
144.	Merged	1	455	10,93	3,73	1	80
145.	Merged	1	457	16,4	4,57	0,592	92,33
146.	Merged	1	466	5,47	2,64	1	74,5
147.	Merged	1	470	5,47	2,64	1	104,5
148.	Merged	1	471	5,47	2,64	1	63
149.	Merged	1	473	2,73	1,87	1	73
150.	Merged	1	475	2,73	1,87	1	65
151.	Merged	1	478	8,2	3,23	1	18
152.	Merged	1	480	5,47	2,64	1	59

(lanjutan)

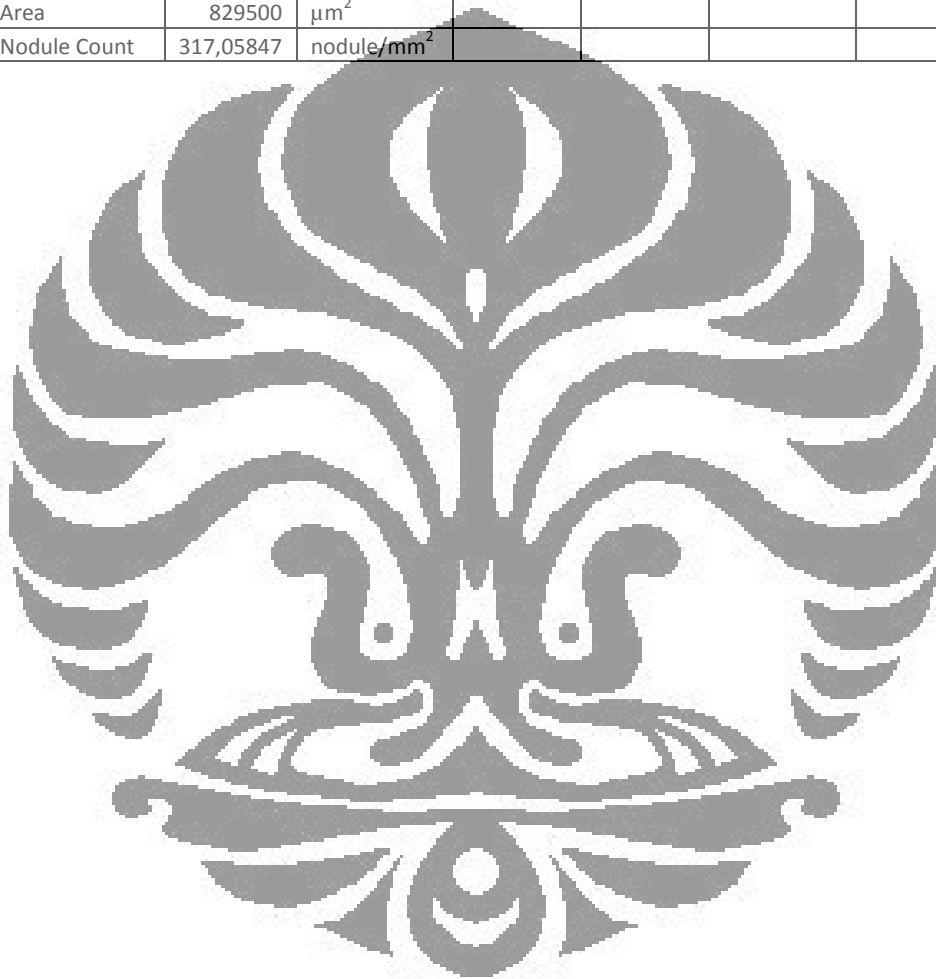
153.	Merged	1	482	16,4	4,57	0,473	72,67
154.	Merged	1	483	8,2	3,23	0,9	57
155.	Merged	1	484	19,13	4,94	0,392	31,86
156.	Merged	1	486	2,73	1,87	1	62
157.	Merged	1	487	5,47	2,64	1	47,5
158.	Merged	1	488	5,47	2,64	1	52,5
159.	Merged	1	489	5,47	2,64	1	41,5
160.	Merged	1	490	5,47	2,64	1	110
161.	Merged	1	493	5,47	2,64	1	37,5
162.	Merged	1	496	2,73	1,87	1	91
163.	Merged	1	497	2,73	1,87	1	47
164.	Merged	1	498	5,47	2,64	1	45
165.	Merged	1	500	2,73	1,87	1	66
166.	Merged	1	502	2,73	1,87	1	66
167.	Merged	1	503	5,47	2,64	1	41
168.	Merged	1	504	2,73	1,87	1	98
169.	Merged	1	505	2,73	1,87	1	49
170.	Merged	1	506	8,2	3,23	1	84,67
171.	Merged	1	509	2,73	1,87	1	75
172.	Merged	1	512	13,66	4,17	1	91
173.	Merged	1	515	2,73	1,87	1	80
174.	Merged	1	518	16,4	4,57	1	83,83
175.	Merged	1	519	10,93	3,73	0,954	49,5
176.	Merged	1	521	13,66	4,17	0,546	32,2
177.	Merged	1	523	2,73	1,87	1	95
178.	Merged	1	524	10,93	3,73	1	73,25
179.	Merged	1	525	10,93	3,73	0,954	81,75
180.	Merged	1	528	2,73	1,87	1	51
181.	Merged	1	538	13,66	4,17	0,636	76,6
182.	Merged	1	539	10,93	3,73	0,954	103,25
183.	Merged	1	543	2,73	1,87	1	104
184.	Merged	1	545	5,47	2,64	1	83
185.	Merged	1	547	2,73	1,87	1	132
186.	Merged	1	548	2,73	1,87	1	22
187.	Merged	1	550	19,13	4,94	0,417	82,71
188.	Merged	1	551	2,73	1,87	1	62
189.	Merged	1	552	5,47	2,64	1	90
190.	Merged	1	553	13,66	4,17	0,523	52,8
191.	Merged	1	555	13,66	4,17	0,57	88,6
192.	Merged	1	559	5,47	2,64	1	68
193.	Merged	1	561	5,47	2,64	1	62
194.	Merged	1	565	5,47	2,64	1	53,5
195.	Merged	1	566	5,47	2,64	1	45,5
196.	Merged	1	567	13,66	4,17	0,57	27,4
197.	Merged	1	568	2,73	1,87	1	80
198.	Merged	1	569	5,47	2,64	1	33
199.	Merged	1	570	8,2	3,23	1	68,67
200.	Merged	1	572	16,4	4,57	0,518	40,33
201.	Merged	1	574	5,47	2,64	1	78
202.	Merged	1	578	5,47	2,64	1	76,5
203.	Merged	1	580	2,73	1,87	1	48
204.	Merged	1	584	16,4	4,57	1	93
205.	Merged	1	590	10,93	3,73	0,954	43,75

(lanjutan)

206.	Merged	1	592	5,47	2,64	1	71,5
207.	Merged	1	594	2,73	1,87	1	61
208.	Merged	1	596	2,73	1,87	1	59
209.	Merged	1	598	5,47	2,64	1	77,5
210.	Merged	1	599	2,73	1,87	1	42
211.	Merged	1	600	10,93	3,73	0,645	75,5
212.	Merged	1	601	10,93	3,73	1	83,25
213.	Merged	1	603	2,73	1,87	1	88
214.	Merged	1	604	8,2	3,23	1	91,33
215.	Merged	1	606	10,93	3,73	0,68	30,5
216.	Merged	1	612	5,47	2,64	1	102
217.	Merged	1	613	5,47	2,64	1	64
218.	Merged	1	617	2,73	1,87	1	55
219.	Merged	1	618	2,73	1,87	1	66
220.	Merged	1	622	8,2	3,23	1	33
221.	Merged	1	623	13,66	4,17	0,546	64,4
222.	Merged	1	627	2,73	1,87	1	122
223.	Merged	1	632	8,2	3,23	1	81,33
224.	Merged	1	633	5,47	2,64	1	70
225.	Merged	1	634	13,66	4,17	0,971	91,4
226.	Merged	1	639	8,2	3,23	1	101
227.	Merged	1	641	19,13	4,94	0,798	83,71
228.	Merged	1	646	10,93	3,73	1	57,25
229.	Merged	1	650	10,93	3,73	1	80,25
230.	Merged	1	655	10,93	3,73	0,777	107
231.	Merged	1	657	16,4	4,57	0,9	84
232.	Merged	1	664	5,47	2,64	1	89
233.	Merged	1	666	10,93	3,73	0,645	46
234.	Merged	1	667	2,73	1,87	1	64
235.	Merged	1	670	5,47	2,64	1	40
236.	Merged	1	671	8,2	3,23	0,9	60,33
237.	Merged	1	679	19,13	4,94	0,664	97,14
238.	Merged	1	681	5,47	2,64	1	22,5
239.	Merged	1	683	2,73	1,87	1	92
240.	Merged	1	685	2,73	1,87	1	43
241.	Merged	1	686	2,73	1,87	1	52
242.	Merged	1	688	10,93	3,73	0,68	43,75
243.	Merged	1	690	2,73	1,87	1	61
244.	Merged	1	700	10,93	3,73	1	86
245.	Merged	1	718	8,2	3,23	0,9	65
246.	Merged	1	720	13,66	4,17	0,607	11
247.	Merged	1	721	13,66	4,17	0,666	118,4
248.	Merged	1	724	19,13	4,94	0,417	44,29
249.	Merged	1	735	2,73	1,87	1	32
250.	Merged	1	740	8,2	3,23	0,9	102
251.	Merged	1	741	10,93	3,73	0,777	97,5
252.	Merged	1	744	2,73	1,87	1	99
253.	Merged	1	747	13,66	4,17	0,546	28,4
254.	Merged	1	750	5,47	2,64	1	22
255.	Merged	1	751	8,2	3,23	1	96
256.	Merged	1	753	2,73	1,87	1	93
257.	Merged	1	756	16,4	4,57	0,9	103,33
258.	Merged	1	760	13,66	4,17	0,636	31,6

(lanjutan)

259.	Merged	1	762	16,4	4,57	1	73,5
260.	Merged	1	764	2,73	1,87	1	86
261.	Merged	1	766	19,13	4,94	0,89	97,14
262.	Merged	1	769	10,93	3,73	0,718	140,75
263.	Merged	1	770	13,66	4,17	0,596	117,6
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	8,27	5,26	2,73	19,13			
EqDiameter	3,08	1,03	1,87	4,94			
Circularity	0,899	0,17	0,392	1			
MeanIntensity	71,87	24,16	11	140,75			
Area	829500	μm^2					
Nodule Count	317,05847	nodule/ mm^2					



**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWADI 2**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged 1	1	3	2,71	1,86	1	136
2.	Merged 1	1	5	8,14	3,22	1	98
3.	Merged 1	1	7	8,14	3,22	0,784	38,33
4.	Merged 1	1	12	5,42	2,63	1	67,5
5.	Merged 1	1	13	13,56	4,16	0,546	61,6
6.	Merged 1	1	14	2,71	1,86	1	60
7.	Merged 1	1	21	10,85	3,72	0,954	75,5
8.	Merged 1	1	25	18,99	4,92	1	84,57
9.	Merged 1	1	28	2,71	1,86	1	39
10.	Merged 1	1	36	8,14	3,22	1	52
11.	Merged 1	1	37	2,71	1,86	1	79
12.	Merged 1	1	40	10,85	3,72	0,777	83
13.	Merged 1	1	45	5,42	2,63	1	51
14.	Merged 1	1	46	5,42	2,63	1	73,5
15.	Merged 1	1	47	10,85	3,72	1	111
16.	Merged 1	1	48	10,85	3,72	0,823	79,5
17.	Merged 1	1	50	16,27	4,55	0,9	81,33
18.	Merged 1	1	54	2,71	1,86	1	71
19.	Merged 1	1	59	2,71	1,86	1	69
20.	Merged 1	1	62	13,56	4,16	0,666	80
21.	Merged 1	1	63	2,71	1,86	1	63
22.	Merged 1	1	64	5,42	2,63	1	94,5
23.	Merged 1	1	65	13,56	4,16	1	82
24.	Merged 1	1	66	10,85	3,72	0,718	55,5
25.	Merged 1	1	67	13,56	4,16	0,523	72
26.	Merged 1	1	71	18,99	4,92	1	75
27.	Merged 1	1	72	2,71	1,86	1	98
28.	Merged 1	1	75	2,71	1,86	1	98
29.	Merged 1	1	77	5,42	2,63	1	104
30.	Merged 1	1	80	13,56	4,16	0,666	111,8
31.	Merged 1	1	82	2,71	1,86	1	44
32.	Merged 1	1	93	5,42	2,63	1	57
33.	Merged 1	1	94	10,85	3,72	0,777	66,25
34.	Merged 1	1	96	2,71	1,86	1	77
35.	Merged 1	1	98	8,14	3,22	1	102
36.	Merged 1	1	99	10,85	3,72	0,68	49,25
37.	Merged 1	1	102	16,27	4,55	0,684	69,33
38.	Merged 1	1	103	2,71	1,86	1	90
39.	Merged 1	1	106	8,14	3,22	0,839	94
40.	Merged 1	1	109	10,85	3,72	1	83
41.	Merged 1	1	111	5,42	2,63	1	85,5
42.	Merged 1	1	113	2,71	1,86	1	82
43.	Merged 1	1	114	10,85	3,72	0,68	41
44.	Merged 1	1	115	10,85	3,72	0,718	127,25
45.	Merged 1	1	117	16,27	4,55	0,617	73,83

(lanjutan)

46.	Merged 1	1	119	2,71	1,86	1	82
47.	Merged 1	1	121	2,71	1,86	1	93
48.	Merged 1	1	122	16,27	4,55	0,655	87,67
49.	Merged 1	1	127	13,56	4,16	0,546	94,2
50.	Merged 1	1	128	10,85	3,72	0,954	90
51.	Merged 1	1	129	16,27	4,55	1	65,33
52.	Merged 1	1	132	10,85	3,72	1	84,25
53.	Merged 1	1	133	18,99	4,92	0,507	34,71
54.	Merged 1	1	141	2,71	1,86	1	48
55.	Merged 1	1	146	10,85	3,72	0,68	89,75
56.	Merged 1	1	151	2,71	1,86	1	19
57.	Merged 1	1	154	5,42	2,63	1	57,5
58.	Merged 1	1	158	2,71	1,86	1	37
59.	Merged 1	1	161	10,85	3,72	0,68	46,25
60.	Merged 1	1	162	13,56	4,16	0,68	84
61.	Merged 1	1	163	16,27	4,55	0,441	91,17
62.	Merged 1	1	170	2,71	1,86	1	62
63.	Merged 1	1	175	8,14	3,22	1	53,33
64.	Merged 1	1	178	2,71	1,86	1	65
65.	Merged 1	1	180	10,85	3,72	0,718	68,25
66.	Merged 1	1	187	5,42	2,63	1	81
67.	Merged 1	1	189	5,42	2,63	1	74
68.	Merged 1	1	190	5,42	2,63	1	99,5
69.	Merged 1	1	191	2,71	1,86	1	100
70.	Merged 1	1	196	2,71	1,86	1	86
71.	Merged 1	1	199	2,71	1,86	1	60
72.	Merged 1	1	200	10,85	3,72	0,954	43,5
73.	Merged 1	1	201	2,71	1,86	1	45
74.	Merged 1	1	204	2,71	1,86	1	54
75.	Merged 1	1	205	5,42	2,63	1	72,5
76.	Merged 1	1	206	10,85	3,72	0,68	28
77.	Merged 1	1	211	10,85	3,72	0,777	39,25
78.	Merged 1	1	221	5,42	2,63	1	56
79.	Merged 1	1	223	8,14	3,22	0,784	56,67
80.	Merged 1	1	224	2,71	1,86	1	56
81.	Merged 1	1	225	2,71	1,86	1	94
82.	Merged 1	1	226	2,71	1,86	1	119
83.	Merged 1	1	228	2,71	1,86	1	77
84.	Merged 1	1	229	5,42	2,63	1	55,5
85.	Merged 1	1	230	8,14	3,22	1	129,33
86.	Merged 1	1	232	5,42	2,63	1	80
87.	Merged 1	1	237	2,71	1,86	1	58
88.	Merged 1	1	242	18,99	4,92	0,798	75
89.	Merged 1	1	244	5,42	2,63	1	113,5
90.	Merged 1	1	245	8,14	3,22	1	48,33
91.	Merged 1	1	247	2,71	1,86	1	41
92.	Merged 1	1	248	8,14	3,22	0,784	75,33
93.	Merged 1	1	251	2,71	1,86	1	18
94.	Merged 1	1	252	10,85	3,72	0,777	65
95.	Merged 1	1	257	13,56	4,16	0,546	38,8
96.	Merged 1	1	258	8,14	3,22	0,839	79,67
97.	Merged 1	1	260	13,56	4,16	1	97,2
98.	Merged 1	1	261	5,42	2,63	1	66,5

(lanjutan)

99.	Merged 1	1	262	8,14	3,22	0,839	98,33
100.	Merged 1	1	264	2,71	1,86	1	70
101.	Merged 1	1	266	5,42	2,63	1	49,5
102.	Merged 1	1	268	2,71	1,86	1	51
103.	Merged 1	1	270	5,42	2,63	1	17
104.	Merged 1	1	271	2,71	1,86	1	56
105.	Merged 1	1	275	8,14	3,22	1	84,67
106.	Merged 1	1	277	2,71	1,86	1	46
107.	Merged 1	1	280	5,42	2,63	1	99
108.	Merged 1	1	283	13,56	4,16	0,546	47,4
109.	Merged 1	1	287	13,56	4,16	0,523	66,2
110.	Merged 1	1	288	5,42	2,63	1	101,5
111.	Merged 1	1	289	5,42	2,63	1	66,5
112.	Merged 1	1	290	2,71	1,86	1	64
113.	Merged 1	1	292	8,14	3,22	1	103,33
114.	Merged 1	1	293	5,42	2,63	1	95
115.	Merged 1	1	294	2,71	1,86	1	65
116.	Merged 1	1	298	2,71	1,86	1	83
117.	Merged 1	1	301	10,85	3,72	0,645	60
118.	Merged 1	1	302	13,56	4,16	0,75	62,6
119.	Merged 1	1	304	5,42	2,63	1	76
120.	Merged 1	1	308	2,71	1,86	1	81
121.	Merged 1	1	309	8,14	3,22	0,9	48,33
122.	Merged 1	1	311	2,71	1,86	1	90
123.	Merged 1	1	312	2,71	1,86	1	64
124.	Merged 1	1	313	2,71	1,86	1	71
125.	Merged 1	1	314	8,14	3,22	0,784	80,33
126.	Merged 1	1	317	2,71	1,86	1	82
127.	Merged 1	1	319	5,42	2,63	1	58
128.	Merged 1	1	321	8,14	3,22	0,839	79,67
129.	Merged 1	1	322	2,71	1,86	1	78
130.	Merged 1	1	336	8,14	3,22	0,9	48,67
131.	Merged 1	1	338	18,99	4,92	0,933	78,86
132.	Merged 1	1	339	5,42	2,63	1	72
133.	Merged 1	1	343	18,99	4,92	1	80,29
134.	Merged 1	1	344	2,71	1,86	1	103
135.	Merged 1	1	346	2,71	1,86	1	54
136.	Merged 1	1	347	18,99	4,92	0,765	99,71
137.	Merged 1	1	352	18,99	4,92	0,89	82,71
138.	Merged 1	1	353	10,85	3,72	0,718	53,5
139.	Merged 1	1	360	8,14	3,22	0,9	83,33
140.	Merged 1	1	361	5,42	2,63	1	83,5
141.	Merged 1	1	362	2,71	1,86	1	53
142.	Merged 1	1	368	2,71	1,86	1	86
143.	Merged 1	1	377	2,71	1,86	1	49
144.	Merged 1	1	383	8,14	3,22	0,839	89,67
145.	Merged 1	1	385	16,27	4,55	0,8	78,67
146.	Merged 1	1	386	8,14	3,22	1	70
147.	Merged 1	1	392	2,71	1,86	1	70
148.	Merged 1	1	395	2,71	1,86	1	47
149.	Merged 1	1	396	2,71	1,86	1	83
150.	Merged 1	1	398	10,85	3,72	0,823	58
151.	Merged 1	1	399	2,71	1,86	1	42

(lanjutan)

152.	Merged 1	1	404	5,42	2,63	1	71,5
153.	Merged 1	1	405	8,14	3,22	0,9	133,67
154.	Merged 1	1	406	2,71	1,86	1	86
155.	Merged 1	1	409	2,71	1,86	1	35
156.	Merged 1	1	410	2,71	1,86	1	66
157.	Merged 1	1	411	2,71	1,86	1	40
158.	Merged 1	1	412	2,71	1,86	1	51
159.	Merged 1	1	413	2,71	1,86	1	54
160.	Merged 1	1	414	2,71	1,86	1	25
161.	Merged 1	1	415	5,42	2,63	1	86
162.	Merged 1	1	417	5,42	2,63	1	73,5
163.	Merged 1	1	418	8,14	3,22	0,784	40,33
164.	Merged 1	1	419	8,14	3,22	0,9	130,33
165.	Merged 1	1	421	2,71	1,86	1	58
166.	Merged 1	1	425	8,14	3,22	0,839	6,67
167.	Merged 1	1	426	5,42	2,63	1	91,5
168.	Merged 1	1	428	2,71	1,86	1	95
169.	Merged 1	1	430	10,85	3,72	0,612	74,75
170.	Merged 1	1	431	2,71	1,86	1	85
171.	Merged 1	1	432	8,14	3,22	0,9	55
172.	Merged 1	1	433	2,71	1,86	1	54
173.	Merged 1	1	435	5,42	2,63	1	76
174.	Merged 1	1	436	10,85	3,72	0,954	61,5
175.	Merged 1	1	437	2,71	1,86	1	68
176.	Merged 1	1	439	10,85	3,72	0,823	88,5
177.	Merged 1	1	440	2,71	1,86	1	80
178.	Merged 1	1	441	2,71	1,86	1	111
179.	Merged 1	1	442	5,42	2,63	1	67
180.	Merged 1	1	447	18,99	4,92	0,489	74,57
181.	Merged 1	1	449	8,14	3,22	0,839	57
182.	Merged 1	1	451	10,85	3,72	0,68	21
183.	Merged 1	1	452	8,14	3,22	0,784	36,33
184.	Merged 1	1	457	18,99	4,92	0,691	77,14
185.	Merged 1	1	458	2,71	1,86	1	39
186.	Merged 1	1	459	2,71	1,86	1	59
187.	Merged 1	1	460	2,71	1,86	1	50
188.	Merged 1	1	461	2,71	1,86	1	84
189.	Merged 1	1	464	16,27	4,55	0,518	38,83
190.	Merged 1	1	465	8,14	3,22	1	63,67
191.	Merged 1	1	472	10,85	3,72	1	79,5
192.	Merged 1	1	480	2,71	1,86	1	57
193.	Merged 1	1	483	8,14	3,22	0,839	38
194.	Merged 1	1	487	8,14	3,22	0,9	105,33
195.	Merged 1	1	488	8,14	3,22	1	84
196.	Merged 1	1	489	2,71	1,86	1	65
197.	Merged 1	1	493	2,71	1,86	1	76
198.	Merged 1	1	494	8,14	3,22	1	115,33
199.	Merged 1	1	495	2,71	1,86	1	78
200.	Merged 1	1	496	5,42	2,63	1	89,5
201.	Merged 1	1	497	2,71	1,86	1	105
202.	Merged 1	1	500	2,71	1,86	1	70
203.	Merged 1	1	501	8,14	3,22	1	91,33
204.	Merged 1	1	504	10,85	3,72	0,68	73

(lanjutan)

205.	Merged 1	1	506	8,14	3,22	0,9	73
206.	Merged 1	1	507	2,71	1,86	1	78
207.	Merged 1	1	511	2,71	1,86	1	83
208.	Merged 1	1	512	2,71	1,86	1	77
209.	Merged 1	1	513	18,99	4,92	0,933	93,43
210.	Merged 1	1	515	5,42	2,63	1	91
211.	Merged 1	1	516	10,85	3,72	0,823	98,25
212.	Merged 1	1	519	5,42	2,63	1	39
213.	Merged 1	1	520	2,71	1,86	1	70
214.	Merged 1	1	521	2,71	1,86	1	55
215.	Merged 1	1	523	13,56	4,16	1	73,2
216.	Merged 1	1	524	2,71	1,86	1	84
217.	Merged 1	1	530	2,71	1,86	1	42
218.	Merged 1	1	531	5,42	2,63	1	76,5
219.	Merged 1	1	533	2,71	1,86	1	13
220.	Merged 1	1	537	16,27	4,55	1	94,33
221.	Merged 1	1	539	10,85	3,72	0,645	8
222.	Merged 1	1	540	2,71	1,86	1	28
223.	Merged 1	1	543	8,14	3,22	1	86,67
224.	Merged 1	1	545	5,42	2,63	1	96,5
225.	Merged 1	1	548	10,85	3,72	0,68	54,75
226.	Merged 1	1	549	2,71	1,86	1	40
227.	Merged 1	1	550	18,99	4,92	0,691	74,57
228.	Merged 1	1	553	2,71	1,86	1	15
229.	Merged 1	1	554	2,71	1,86	1	24
230.	Merged 1	1	555	8,14	3,22	0,9	125,67
231.	Merged 1	1	559	8,14	3,22	1	87,33
232.	Merged 1	1	561	10,85	3,72	0,954	66,5
233.	Merged 1	1	563	8,14	3,22	0,9	23,67
234.	Merged 1	1	567	5,42	2,63	1	59
235.	Merged 1	1	572	5,42	2,63	1	15
236.	Merged 1	1	575	18,99	4,92	0,933	112,43
237.	Merged 1	1	577	2,71	1,86	1	84
238.	Merged 1	1	578	18,99	4,92	0,573	63,43
239.	Merged 1	1	581	2,71	1,86	1	52
240.	Merged 1	1	583	2,71	1,86	1	72
241.	Merged 1	1	587	5,42	2,63	1	22,5
242.	Merged 1	1	591	13,56	4,16	0,636	11,4
243.	Merged 1	1	592	16,27	4,55	0,473	53,5
244.	Merged 1	1	594	5,42	2,63	1	67,5
245.	Merged 1	1	595	2,71	1,86	1	76
246.	Merged 1	1	596	8,14	3,22	0,9	113,33
247.	Merged 1	1	599	2,71	1,86	1	52
248.	Merged 1	1	600	10,85	3,72	0,68	51,25
249.	Merged 1	1	601	8,14	3,22	0,839	77
250.	Merged 1	1	606	2,71	1,86	1	17
251.	Merged 1	1	608	2,71	1,86	1	70
252.	Merged 1	1	609	2,71	1,86	1	78
253.	Merged 1	1	612	10,85	3,72	0,954	50,75
254.	Merged 1	1	613	2,71	1,86	1	53
255.	Merged 1	1	615	16,27	4,55	0,592	30,67
256.	Merged 1	1	616	2,71	1,86	1	26
257.	Merged 1	1	619	13,56	4,16	1	76,4

(lanjutan)

258.	Merged 1	1	620	18,99	4,92	0,552	89,14
259.	Merged 1	1	621	2,71	1,86	1	30
260.	Merged 1	1	622	5,42	2,63	1	47,5
261.	Merged 1	1	623	18,99	4,92	0,72	108,14
262.	Merged 1	1	625	13,56	4,16	0,57	32
263.	Merged 1	1	628	8,14	3,22	0,784	50,33
264.	Merged 1	1	636	2,71	1,86	1	89
265.	Merged 1	1	637	16,27	4,55	0,9	92,17
266.	Merged 1	1	638	13,56	4,16	1	91
267.	Merged 1	1	639	16,27	4,55	1	86,33
268.	Merged 1	1	643	8,14	3,22	1	29,67
269.	Merged 1	1	645	5,42	2,63	1	83,5
270.	Merged 1	1	646	18,99	4,92	0,628	86,14
271.	Merged 1	1	649	5,42	2,63	1	57,5
272.	Merged 1	1	650	8,14	3,22	1	26
273.	Merged 1	1	653	8,14	3,22	0,9	7
274.	Merged 1	1	655	5,42	2,63	1	92,5
275.	Merged 1	1	658	10,85	3,72	1	84
276.	Merged 1	1	664	2,71	1,86	1	124
277.	Merged 1	1	665	10,85	3,72	1	68,25
278.	Merged 1	1	670	2,71	1,86	1	108
279.	Merged 1	1	674	2,71	1,86	1	45
280.	Merged 1	1	675	10,85	3,72	0,954	99
281.	Merged 1	1	677	5,42	2,63	1	113,5
282.	Merged 1	1	680	2,71	1,86	1	78
283.	Merged 1	1	684	5,42	2,63	1	109
284.	Merged 1	1	685	18,99	4,92	0,72	116,14
285.	Merged 1	1	688	10,85	3,72	0,823	28,5
286.	Merged 1	1	693	13,56	4,16	1	94,2
287.	Merged 1	1	694	5,42	2,63	1	46
288.	Merged 1	1	695	16,27	4,55	0,518	28
289.	Merged 1	1	702	18,99	4,92	0,525	112,57
290.	Merged 1	1	703	5,42	2,63	1	61
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	7,48	5,03	2,71	18,99			
EqDiameter	2,92	1	1,86	4,92			
Circularity	0,915	0,143	0,441	1			
MeanIntensity	69,8	25,68	6,67	136			
Area	829500	μm^2					
Nodule Count	349,6082	nodule/mm ²					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWADI 3**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	2	13,77	4,19	0,75	46
2.	Merged	1	5	8,26	3,24	0,839	104,33
3.	Merged	1	6	2,75	1,87	1	142
4.	Merged	1	8	19,28	4,95	0,507	99
5.	Merged	1	9	19,28	4,95	0,933	97,71
6.	Merged	1	12	2,75	1,87	1	87
7.	Merged	1	13	8,26	3,24	0,9	97,67
8.	Merged	1	16	8,26	3,24	0,9	75
9.	Merged	1	17	13,77	4,19	1	94,6
10.	Merged	1	19	2,75	1,87	1	58
11.	Merged	1	23	5,51	2,65	1	96
12.	Merged	1	26	13,77	4,19	0,666	86,4
13.	Merged	1	28	19,28	4,95	0,933	86,29
14.	Merged	1	30	11,02	3,75	1	76
15.	Merged	1	41	11,02	3,75	1	81,75
16.	Merged	1	43	8,26	3,24	1	93
17.	Merged	1	48	5,51	2,65	1	63
18.	Merged	1	57	11,02	3,75	0,954	89,25
19.	Merged	1	63	11,02	3,75	0,954	85,25
20.	Merged	1	69	8,26	3,24	1	87
21.	Merged	1	70	11,02	3,75	0,954	50,75
22.	Merged	1	72	13,77	4,19	0,85	82,2
23.	Merged	1	73	16,52	4,59	0,456	90,17
24.	Merged	1	76	13,77	4,19	0,971	82,2
25.	Merged	1	79	8,26	3,24	1	101,33
26.	Merged	1	82	11,02	3,75	1	79,5
27.	Merged	1	85	2,75	1,87	1	26
28.	Merged	1	97	2,75	1,87	1	90
29.	Merged	1	99	11,02	3,75	0,954	75
30.	Merged	1	101	2,75	1,87	1	95
31.	Merged	1	106	8,26	3,24	1	83
32.	Merged	1	112	11,02	3,75	1	80,75
33.	Merged	1	115	19,28	4,95	0,933	82,14
34.	Merged	1	120	13,77	4,19	1	81,6
35.	Merged	1	126	2,75	1,87	1	84
36.	Merged	1	129	2,75	1,87	1	85
37.	Merged	1	131	8,26	3,24	0,9	91,67
38.	Merged	1	132	11,02	3,75	1	71
39.	Merged	1	145	16,52	4,59	0,9	67,67
40.	Merged	1	146	2,75	1,87	1	88
41.	Merged	1	147	2,75	1,87	1	112
42.	Merged	1	148	11,02	3,75	1	81,75
43.	Merged	1	149	2,75	1,87	1	81
44.	Merged	1	151	16,52	4,59	1	80,5
45.	Merged	1	164	11,02	3,75	0,823	70,25
46.	Merged	1	166	16,52	4,59	1	77,83

(lanjutan)

47.	Merged	1	168	16,52	4,59	0,9	71,83
48.	Merged	1	175	13,77	4,19	0,666	64,6
49.	Merged	1	178	11,02	3,75	0,954	83,5
50.	Merged	1	179	2,75	1,87	1	54
51.	Merged	1	180	5,51	2,65	1	75,5
52.	Merged	1	182	2,75	1,87	1	62
53.	Merged	1	183	2,75	1,87	1	94
54.	Merged	1	184	5,51	2,65	1	10
55.	Merged	1	188	5,51	2,65	1	17
56.	Merged	1	189	5,51	2,65	1	77
57.	Merged	1	190	5,51	2,65	1	46,5
58.	Merged	1	192	8,26	3,24	0,9	81,67
59.	Merged	1	194	2,75	1,87	1	43
60.	Merged	1	200	5,51	2,65	1	84
61.	Merged	1	205	5,51	2,65	1	86,5
62.	Merged	1	206	11,02	3,75	0,954	58,75
63.	Merged	1	209	2,75	1,87	1	49
64.	Merged	1	210	13,77	4,19	0,546	72,2
65.	Merged	1	213	2,75	1,87	1	80
66.	Merged	1	217	5,51	2,65	1	84
67.	Merged	1	218	16,52	4,59	0,473	89,67
68.	Merged	1	221	5,51	2,65	1	57
69.	Merged	1	222	8,26	3,24	1	51
70.	Merged	1	224	5,51	2,65	1	64
71.	Merged	1	226	11,02	3,75	1	72,75
72.	Merged	1	227	2,75	1,87	1	62
73.	Merged	1	229	2,75	1,87	1	71
74.	Merged	1	231	2,75	1,87	1	64
75.	Merged	1	232	2,75	1,87	1	69
76.	Merged	1	233	11,02	3,75	0,954	72,25
77.	Merged	1	235	13,77	4,19	0,523	61,8
78.	Merged	1	238	16,52	4,59	0,538	71
79.	Merged	1	239	16,52	4,59	0,592	76,5
80.	Merged	1	241	16,52	4,59	0,684	77,33
81.	Merged	1	248	5,51	2,65	1	79,5
82.	Merged	1	251	2,75	1,87	1	102
83.	Merged	1	260	16,52	4,59	0,9	91,17
84.	Merged	1	261	16,52	4,59	1	79,67
85.	Merged	1	265	11,02	3,75	1	78,5
86.	Merged	1	269	19,28	4,95	0,664	72
87.	Merged	1	270	13,77	4,19	1	79
88.	Merged	1	271	8,26	3,24	0,839	76
89.	Merged	1	278	11,02	3,75	1	79,75
90.	Merged	1	281	8,26	3,24	1	81
91.	Merged	1	283	13,77	4,19	1	61,8
92.	Merged	1	288	11,02	3,75	1	71,25
93.	Merged	1	289	16,52	4,59	1	89
94.	Merged	1	293	5,51	2,65	1	64
95.	Merged	1	295	13,77	4,19	0,57	78,8
96.	Merged	1	297	5,51	2,65	1	91
97.	Merged	1	308	2,75	1,87	1	93
98.	Merged	1	309	2,75	1,87	1	51
99.	Merged	1	314	2,75	1,87	1	76

(lanjutan)

100.	Merged	1	319	2,75	1,87	1	60
101.	Merged	1	329	19,28	4,95	1	70,57
102.	Merged	1	336	5,51	2,65	1	86
103.	Merged	1	342	5,51	2,65	1	100
104.	Merged	1	343	5,51	2,65	1	46,5
105.	Merged	1	345	2,75	1,87	1	41
106.	Merged	1	353	13,77	4,19	1	70,4
107.	Merged	1	355	8,26	3,24	0,839	70,67
108.	Merged	1	357	19,28	4,95	0,573	87,14
109.	Merged	1	362	2,75	1,87	1	59
110.	Merged	1	363	8,26	3,24	0,9	91,33
111.	Merged	1	368	13,77	4,19	1	79,8
112.	Merged	1	371	11,02	3,75	1	65,5
113.	Merged	1	375	8,26	3,24	1	80
114.	Merged	1	378	13,77	4,19	1	75,6
115.	Merged	1	380	16,52	4,59	1	79
116.	Merged	1	383	11,02	3,75	0,954	64,25
117.	Merged	1	385	19,28	4,95	0,933	73
118.	Merged	1	386	8,26	3,24	1	89,67
119.	Merged	1	390	16,52	4,59	0,9	105,33
120.	Merged	1	391	2,75	1,87	1	68
121.	Merged	1	392	8,26	3,24	0,9	64,33
122.	Merged	1	400	5,51	2,65	1	55,5
123.	Merged	1	405	2,75	1,87	1	67
124.	Merged	1	406	11,02	3,75	0,954	74
125.	Merged	1	408	13,77	4,19	1	81,8
126.	Merged	1	409	2,75	1,87	1	113
127.	Merged	1	410	2,75	1,87	1	78
128.	Merged	1	416	5,51	2,65	1	75,5
129.	Merged	1	417	13,77	4,19	0,596	114,6
130.	Merged	1	418	19,28	4,95	0,466	67,29
131.	Merged	1	422	5,51	2,65	1	75
132.	Merged	1	423	5,51	2,65	1	56,5
133.	Merged	1	430	2,75	1,87	1	38
134.	Merged	1	435	13,77	4,19	0,546	54,8
135.	Merged	1	441	8,26	3,24	0,784	47,33
136.	Merged	1	444	5,51	2,65	1	95
137.	Merged	1	446	5,51	2,65	1	60,5
138.	Merged	1	448	5,51	2,65	1	92
139.	Merged	1	451	5,51	2,65	1	64
140.	Merged	1	453	11,02	3,75	0,777	79,5
141.	Merged	1	454	8,26	3,24	1	88,67
142.	Merged	1	456	8,26	3,24	0,9	49,67
143.	Merged	1	461	2,75	1,87	1	85
144.	Merged	1	462	13,77	4,19	1	75,8
145.	Merged	1	471	11,02	3,75	1	81,5
146.	Merged	1	479	11,02	3,75	0,68	59,25
147.	Merged	1	481	13,77	4,19	1	82,8
148.	Merged	1	482	8,26	3,24	0,784	27,67
149.	Merged	1	483	2,75	1,87	1	50
150.	Merged	1	485	2,75	1,87	1	42
151.	Merged	1	488	2,75	1,87	1	35
152.	Merged	1	491	2,75	1,87	1	9

(lanjutan)

153.	Merged	1	492	2,75	1,87	1	63
154.	Merged	1	494	19,28	4,95	0,933	81,29
155.	Merged	1	495	5,51	2,65	1	44
156.	Merged	1	498	8,26	3,24	0,784	26,33
157.	Merged	1	500	2,75	1,87	1	89
158.	Merged	1	506	8,26	3,24	1	77,67
159.	Merged	1	507	5,51	2,65	1	85,5
160.	Merged	1	508	13,77	4,19	0,546	46,4
161.	Merged	1	511	16,52	4,59	1	73,5
162.	Merged	1	512	2,75	1,87	1	89
163.	Merged	1	518	13,77	4,19	0,596	121,2
164.	Merged	1	519	11,02	3,75	0,645	82,5
165.	Merged	1	522	2,75	1,87	1	69
166.	Merged	1	523	19,28	4,95	0,489	69,57
167.	Merged	1	528	16,52	4,59	1	85,83
168.	Merged	1	536	11,02	3,75	1	95,25
169.	Merged	1	538	16,52	4,59	0,655	82
170.	Merged	1	539	11,02	3,75	0,718	123,25
171.	Merged	1	540	2,75	1,87	1	60
172.	Merged	1	544	2,75	1,87	1	51
173.	Merged	1	547	2,75	1,87	1	101
174.	Merged	1	552	11,02	3,75	1	88,25
175.	Merged	1	561	5,51	2,65	1	90
176.	Merged	1	566	5,51	2,65	1	58
177.	Merged	1	570	2,75	1,87	1	60
178.	Merged	1	571	11,02	3,75	0,954	37,25
179.	Merged	1	574	16,52	4,59	1	78,5
180.	Merged	1	576	5,51	2,65	1	27
181.	Merged	1	579	2,75	1,87	1	102
182.	Merged	1	580	2,75	1,87	1	87
183.	Merged	1	585	8,26	3,24	1	77
184.	Merged	1	592	5,51	2,65	1	26
185.	Merged	1	593	8,26	3,24	1	62
186.	Merged	1	602	8,26	3,24	1	67,33
187.	Merged	1	604	11,02	3,75	0,954	62,75
188.	Merged	1	606	13,77	4,19	1	97
189.	Merged	1	607	16,52	4,59	0,538	57,17
190.	Merged	1	618	2,75	1,87	1	88
191.	Merged	1	626	5,51	2,65	1	92,5
192.	Merged	1	628	13,77	4,19	0,68	83
193.	Merged	1	629	5,51	2,65	1	38
194.	Merged	1	631	13,77	4,19	1	75
195.	Merged	1	634	11,02	3,75	0,777	76
196.	Merged	1	636	16,52	4,59	0,617	66,67
197.	Merged	1	638	8,26	3,24	0,9	36,33
198.	Merged	1	648	19,28	4,95	0,933	70,71
199.	Merged	1	649	19,28	4,95	0,628	54,86
200.	Merged	1	651	5,51	2,65	1	70,5
201.	Merged	1	657	13,77	4,19	0,75	92,4
202.	Merged	1	663	11,02	3,75	0,954	76
203.	Merged	1	665	8,26	3,24	1	78,33
204.	Merged	1	666	19,28	4,95	0,604	93,14
205.	Merged	1	672	2,75	1,87	1	55

(lanjutan)

206.	Merged	1	674	11,02	3,75	0,954	68
207.	Merged	1	675	16,52	4,59	0,538	31,83
208.	Merged	1	683	8,26	3,24	1	85,33
209.	Merged	1	688	5,51	2,65	1	85,5
210.	Merged	1	691	16,52	4,59	1	73,5
211.	Merged	1	694	13,77	4,19	1	102,4
212.	Merged	1	696	5,51	2,65	1	108
213.	Merged	1	697	8,26	3,24	0,839	36
214.	Merged	1	705	11,02	3,75	1	97,5
215.	Merged	1	711	5,51	2,65	1	89,5
216.	Merged	1	713	16,52	4,59	0,473	16,83
217.	Merged	1	714	2,75	1,87	1	21
218.	Merged	1	716	2,75	1,87	1	79
219.	Merged	1	719	5,51	2,65	1	75,5
220.	Merged	1	721	5,51	2,65	1	80
221.	Merged	1	725	2,75	1,87	1	31
222.	Merged	1	726	16,52	4,59	0,655	79,67
223.	Merged	1	728	5,51	2,65	1	93,5
224.	Merged	1	731	8,26	3,24	0,839	21,67
225.	Merged	1	732	5,51	2,65	1	17,5
226.	Merged	1	734	13,77	4,19	1	78,4
227.	Merged	1	736	2,75	1,87	1	108
228.	Merged	1	740	11,02	3,75	1	95
229.	Merged	1	741	19,28	4,95	0,933	74,86
230.	Merged	1	748	19,28	4,95	0,798	77,29
231.	Merged	1	749	5,51	2,65	1	12
232.	Merged	1	753	16,52	4,59	1	78,83
233.	Merged	1	754	11,02	3,75	0,954	107,75
234.	Merged	1	756	8,26	3,24	1	91
235.	Merged	1	757	5,51	2,65	1	103
236.	Merged	1	758	5,51	2,65	1	129,5
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	9,17	5,27	2,75	19,28			
EqDiameter	3,26	1,02	1,87	4,95			
Circularity	0,923	0,144	0,456	1			
MeanIntensity	73,63	22,02	9	142			
Area	829500	μm^2					
Nodule Count	284,50874	nodule/mm ²					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWADI 4**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	1	10,93	3,73	0,777	71
2.	Merged	1	2	16,4	4,57	0,655	123
3.	Merged	1	3	13,66	4,17	1	24,2
4.	Merged	1	5	19,13	4,94	0,417	82,86
5.	Merged	1	6	8,2	3,23	0,9	30,67
6.	Merged	1	7	16,4	4,57	0,592	104
7.	Merged	1	10	10,93	3,73	0,68	52,75
8.	Merged	1	13	2,73	1,87	1	100
9.	Merged	1	14	5,47	2,64	1	77
10.	Merged	1	16	2,73	1,87	1	106
11.	Merged	1	20	8,2	3,23	1	60,67
12.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	50
13.	Merged	1	26	5,47	2,64	1	45,5
14.	Merged	1	28	2,73	1,87	1	52
15.	Merged	1	32	5,47	2,64	1	38
16.	Merged	1	34	8,2	3,23	0,839	115,67
17.	Merged	1	35	5,47	2,64	1	100,5
18.	Merged	1	40	13,66	4,17	0,75	37,4
19.	Merged	1	43	19,13	4,94	0,507	86,57
20.	Merged	1	45	10,93	3,73	0,718	119
21.	Merged	1	48	2,73	1,87	1	70
22.	Merged	1	51	2,73	1,87	1	59
23.	Merged	1	52	8,2	3,23	0,784	118,33
24.	Merged	1	58	10,93	3,73	1	97,25
25.	Merged	1	68	10,93	3,73	1	53,25
26.	Merged	1	72	2,73	1,87	1	11
27.	Merged	1	73	16,4	4,57	0,655	80,83
28.	Merged	1	75	13,66	4,17	0,546	71,8
29.	Merged	1	76	2,73	1,87	1	96
30.	Merged	1	80	5,47	2,64	1	23,5
31.	Merged	1	81	13,66	4,17	0,523	96,6
32.	Merged	1	82	2,73	1,87	1	105
33.	Merged	1	88	8,2	3,23	0,9	45,67
34.	Merged	1	92	19,13	4,94	0,489	86,57
35.	Merged	1	93	2,73	1,87	1	50
36.	Merged	1	96	16,4	4,57	0,473	13
37.	Merged	1	97	8,2	3,23	1	78
38.	Merged	1	99	16,4	4,57	0,518	111,5
39.	Merged	1	100	5,47	2,64	1	37,5
40.	Merged	1	105	19,13	4,94	0,451	72,29
41.	Merged	1	107	5,47	2,64	1	85,5
42.	Merged	1	108	2,73	1,87	1	49
43.	Merged	1	109	2,73	1,87	1	74
44.	Merged	1	112	13,66	4,17	0,546	57,4
45.	Merged	1	120	10,93	3,73	1	98,5
46.	Merged	1	122	5,47	2,64	1	35,5

(lanjutan)

47.	Merged	1	133	5,47	2,64	1	39,5
48.	Merged	1	136	5,47	2,64	1	83
49.	Merged	1	137	2,73	1,87	1	7
50.	Merged	1	141	2,73	1,87	1	70
51.	Merged	1	143	2,73	1,87	1	123
52.	Merged	1	145	2,73	1,87	1	120
53.	Merged	1	150	2,73	1,87	1	62
54.	Merged	1	156	5,47	2,64	1	87
55.	Merged	1	160	5,47	2,64	1	81
56.	Merged	1	167	2,73	1,87	1	52
57.	Merged	1	179	8,2	3,23	1	22,33
58.	Merged	1	181	2,73	1,87	1	58
59.	Merged	1	183	13,66	4,17	1	108,2
60.	Merged	1	186	8,2	3,23	0,839	45,67
61.	Merged	1	188	2,73	1,87	1	82
62.	Merged	1	189	5,47	2,64	1	54,5
63.	Merged	1	190	2,73	1,87	1	60
64.	Merged	1	192	10,93	3,73	0,68	39,25
65.	Merged	1	194	5,47	2,64	1	64,5
66.	Merged	1	195	2,73	1,87	1	90
67.	Merged	1	198	8,2	3,23	1	84,33
68.	Merged	1	200	2,73	1,87	1	64
69.	Merged	1	202	8,2	3,23	1	82,33
70.	Merged	1	204	10,93	3,73	1	116,25
71.	Merged	1	206	2,73	1,87	1	74
72.	Merged	1	207	10,93	3,73	0,823	68
73.	Merged	1	211	2,73	1,87	1	92
74.	Merged	1	213	5,47	2,64	1	102
75.	Merged	1	214	2,73	1,87	1	66
76.	Merged	1	217	2,73	1,87	1	69
77.	Merged	1	218	5,47	2,64	1	126
78.	Merged	1	222	8,2	3,23	0,9	42
79.	Merged	1	224	13,66	4,17	0,75	92,2
80.	Merged	1	225	2,73	1,87	1	75
81.	Merged	1	227	10,93	3,73	1	78
82.	Merged	1	228	5,47	2,64	1	87
83.	Merged	1	234	5,47	2,64	1	60,5
84.	Merged	1	239	8,2	3,23	1	73
85.	Merged	1	242	8,2	3,23	0,784	81
86.	Merged	1	243	2,73	1,87	1	76
87.	Merged	1	244	19,13	4,94	0,489	53,57
88.	Merged	1	245	13,66	4,17	0,57	70,2
89.	Merged	1	248	5,47	2,64	1	71
90.	Merged	1	251	2,73	1,87	1	60
91.	Merged	1	252	10,93	3,73	0,718	79,5
92.	Merged	1	253	5,47	2,64	1	60,5
93.	Merged	1	254	2,73	1,87	1	94
94.	Merged	1	256	2,73	1,87	1	95
95.	Merged	1	260	13,66	4,17	1	80
96.	Merged	1	261	2,73	1,87	1	79
97.	Merged	1	262	5,47	2,64	1	83
98.	Merged	1	264	2,73	1,87	1	55
99.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	65

(lanjutan)

100.	Merged	1	269	19,13	4,94	1	79,86
101.	Merged	1	271	5,47	2,64	1	84
102.	Merged	1	272	8,2	3,23	0,839	59,67
103.	Merged	1	275	2,73	1,87	1	78
104.	Merged	1	277	19,13	4,94	0,417	71,86
105.	Merged	1	278	5,47	2,64	1	41
106.	Merged	1	280	2,73	1,87	1	68
107.	Merged	1	289	2,73	1,87	1	33
108.	Merged	1	291	8,2	3,23	0,9	42
109.	Merged	1	292	2,73	1,87	1	29
110.	Merged	1	297	8,2	3,23	0,839	94
111.	Merged	1	298	8,2	3,23	1	81,33
112.	Merged	1	300	2,73	1,87	1	58
113.	Merged	1	301	5,47	2,64	1	58
114.	Merged	1	306	19,13	4,94	0,933	97,43
115.	Merged	1	307	10,93	3,73	0,718	69,75
116.	Merged	1	310	13,66	4,17	0,57	59,2
117.	Merged	1	311	2,73	1,87	1	23
118.	Merged	1	315	2,73	1,87	1	41
119.	Merged	1	317	5,47	2,64	1	69
120.	Merged	1	319	2,73	1,87	1	45
121.	Merged	1	321	5,47	2,64	1	71
122.	Merged	1	322	2,73	1,87	1	94
123.	Merged	1	323	2,73	1,87	1	74
124.	Merged	1	324	10,93	3,73	0,823	69,75
125.	Merged	1	325	5,47	2,64	1	84,5
126.	Merged	1	326	16,4	4,57	1	79,5
127.	Merged	1	327	2,73	1,87	1	31
128.	Merged	1	328	8,2	3,23	0,9	17,67
129.	Merged	1	329	2,73	1,87	1	96
130.	Merged	1	330	5,47	2,64	1	99,5
131.	Merged	1	335	2,73	1,87	1	109
132.	Merged	1	339	2,73	1,87	1	81
133.	Merged	1	342	13,66	4,17	0,713	56
134.	Merged	1	343	5,47	2,64	1	105
135.	Merged	1	347	19,13	4,94	0,933	72,86
136.	Merged	1	348	2,73	1,87	1	119
137.	Merged	1	349	5,47	2,64	1	61,5
138.	Merged	1	350	2,73	1,87	1	86
139.	Merged	1	355	10,93	3,73	0,954	71
140.	Merged	1	358	5,47	2,64	1	50,5
141.	Merged	1	360	2,73	1,87	1	43
142.	Merged	1	362	8,2	3,23	0,784	87
143.	Merged	1	365	5,47	2,64	1	84,5
144.	Merged	1	366	2,73	1,87	1	82
145.	Merged	1	369	16,4	4,57	0,441	73,17
146.	Merged	1	371	2,73	1,87	1	86
147.	Merged	1	374	5,47	2,64	1	76
148.	Merged	1	375	5,47	2,64	1	67,5
149.	Merged	1	378	5,47	2,64	1	83
150.	Merged	1	379	5,47	2,64	1	75,5
151.	Merged	1	383	2,73	1,87	1	62
152.	Merged	1	384	5,47	2,64	1	69

(lanjutan)

153.	Merged	1	385	2,73	1,87	1	126
154.	Merged	1	386	16,4	4,57	1	50,5
155.	Merged	1	389	5,47	2,64	1	78,5
156.	Merged	1	393	5,47	2,64	1	134,5
157.	Merged	1	394	2,73	1,87	1	86
158.	Merged	1	395	2,73	1,87	1	61
159.	Merged	1	396	10,93	3,73	0,954	83,25
160.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	60
161.	Merged	1	405	2,73	1,87	1	87
162.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	95
163.	Merged	1	413	2,73	1,87	1	74
164.	Merged	1	417	5,47	2,64	1	79,5
165.	Merged	1	418	10,93	3,73	0,68	55,5
166.	Merged	1	421	2,73	1,87	1	32
167.	Merged	1	423	19,13	4,94	0,691	78,86
168.	Merged	1	424	5,47	2,64	1	71,5
169.	Merged	1	425	8,2	3,23	1	88,33
170.	Merged	1	428	5,47	2,64	1	84
171.	Merged	1	431	2,73	1,87	1	79
172.	Merged	1	432	16,4	4,57	0,518	84,5
173.	Merged	1	435	16,4	4,57	0,538	124,5
174.	Merged	1	436	16,4	4,57	0,592	43,83
175.	Merged	1	439	2,73	1,87	1	82
176.	Merged	1	444	5,47	2,64	1	82
177.	Merged	1	451	2,73	1,87	1	103
178.	Merged	1	454	5,47	2,64	1	53,5
179.	Merged	1	456	2,73	1,87	1	34
180.	Merged	1	457	10,93	3,73	1	69,5
181.	Merged	1	463	2,73	1,87	1	45
182.	Merged	1	467	5,47	2,64	1	68
183.	Merged	1	468	2,73	1,87	1	92
184.	Merged	1	469	2,73	1,87	1	40
185.	Merged	1	470	5,47	2,64	1	81
186.	Merged	1	472	5,47	2,64	1	83
187.	Merged	1	473	19,13	4,94	0,691	87,86
188.	Merged	1	474	2,73	1,87	1	60
189.	Merged	1	482	16,4	4,57	0,655	96
190.	Merged	1	487	2,73	1,87	1	91
191.	Merged	1	489	2,73	1,87	1	55
192.	Merged	1	493	8,2	3,23	1	78
193.	Merged	1	510	8,2	3,23	0,9	28,67
194.	Merged	1	511	2,73	1,87	1	85
195.	Merged	1	515	2,73	1,87	1	52
196.	Merged	1	517	13,66	4,17	0,523	72,8
197.	Merged	1	518	2,73	1,87	1	63
198.	Merged	1	519	2,73	1,87	1	32
199.	Merged	1	521	2,73	1,87	1	75
200.	Merged	1	522	2,73	1,87	1	32
201.	Merged	1	528	2,73	1,87	1	59
202.	Merged	1	532	8,2	3,23	1	91,67
203.	Merged	1	533	5,47	2,64	1	55,5
204.	Merged	1	535	16,4	4,57	0,684	80,17
205.	Merged	1	536	2,73	1,87	1	90

(lanjutan)

206.	Merged	1	537	10,93	3,73	0,645	37,5
207.	Merged	1	538	5,47	2,64	1	65,5
208.	Merged	1	541	2,73	1,87	1	70
209.	Merged	1	544	2,73	1,87	1	57
210.	Merged	1	545	16,4	4,57	0,9	98
211.	Merged	1	548	5,47	2,64	1	64,5
212.	Merged	1	549	8,2	3,23	0,9	41,67
213.	Merged	1	551	5,47	2,64	1	43,5
214.	Merged	1	555	2,73	1,87	1	75
215.	Merged	1	556	5,47	2,64	1	74
216.	Merged	1	557	10,93	3,73	1	99,25
217.	Merged	1	558	2,73	1,87	1	45
218.	Merged	1	563	10,93	3,73	0,68	32
219.	Merged	1	565	2,73	1,87	1	100
220.	Merged	1	566	5,47	2,64	1	88
221.	Merged	1	567	2,73	1,87	1	93
222.	Merged	1	571	16,4	4,57	1	90,5
223.	Merged	1	572	13,66	4,17	1	96,8
224.	Merged	1	573	16,4	4,57	0,473	94,67
225.	Merged	1	574	2,73	1,87	1	79
226.	Merged	1	575	2,73	1,87	1	86
227.	Merged	1	576	16,4	4,57	1	94,5
228.	Merged	1	577	8,2	3,23	0,9	56,67
229.	Merged	1	579	2,73	1,87	1	84
230.	Merged	1	580	5,47	2,64	1	51,5
231.	Merged	1	582	2,73	1,87	1	76
232.	Merged	1	583	2,73	1,87	1	82
233.	Merged	1	584	8,2	3,23	0,9	89
234.	Merged	1	585	5,47	2,64	1	39,5
235.	Merged	1	588	8,2	3,23	0,9	55
236.	Merged	1	589	2,73	1,87	1	88
237.	Merged	1	591	5,47	2,64	1	48,5
238.	Merged	1	593	2,73	1,87	1	81
239.	Merged	1	594	16,4	4,57	0,518	28,17
240.	Merged	1	596	2,73	1,87	1	119
241.	Merged	1	598	16,4	4,57	0,9	109,33
242.	Merged	1	599	8,2	3,23	1	77,33
243.	Merged	1	602	2,73	1,87	1	44
244.	Merged	1	609	2,73	1,87	1	72
245.	Merged	1	612	10,93	3,73	0,823	81
246.	Merged	1	613	8,2	3,23	0,839	28
247.	Merged	1	614	13,66	4,17	0,607	74,8
248.	Merged	1	615	2,73	1,87	1	58
249.	Merged	1	616	8,2	3,23	0,784	39,33
250.	Merged	1	617	13,66	4,17	0,57	107,2
251.	Merged	1	618	5,47	2,64	1	28,5
252.	Merged	1	619	2,73	1,87	1	49
253.	Merged	1	621	10,93	3,73	0,823	101,25
254.	Merged	1	622	13,66	4,17	1	92,8
255.	Merged	1	623	8,2	3,23	0,9	97,67
256.	Merged	1	624	2,73	1,87	1	92
257.	Merged	1	625	8,2	3,23	1	46
258.	Merged	1	626	2,73	1,87	1	76

(lanjutan)

259.	Merged	1	627	5,47	2,64	1	109
260.	Merged	1	628	8,2	3,23	0,839	101
261.	Merged	1	629	8,2	3,23	0,839	63,33
262.	Merged	1	632	2,73	1,87	1	44
263.	Merged	1	633	2,73	1,87	1	61
264.	Merged	1	634	2,73	1,87	1	61
265.	Merged	1	639	2,73	1,87	1	48
266.	Merged	1	642	2,73	1,87	1	36
267.	Merged	1	643	2,73	1,87	1	69
268.	Merged	1	644	2,73	1,87	1	60
269.	Merged	1	645	5,47	2,64	1	54,5
270.	Merged	1	646	2,73	1,87	1	45
271.	Merged	1	647	5,47	2,64	1	22,5
272.	Merged	1	648	13,66	4,17	0,523	67,8
273.	Merged	1	652	2,73	1,87	1	68
274.	Merged	1	654	8,2	3,23	0,9	30
275.	Merged	1	655	8,2	3,23	0,839	117,67
276.	Merged	1	656	8,2	3,23	1	83,33
277.	Merged	1	657	2,73	1,87	1	63
278.	Merged	1	658	16,4	4,57	0,9	69,67
279.	Merged	1	659	5,47	2,64	1	82,5
280.	Merged	1	664	2,73	1,87	1	43
281.	Merged	1	668	2,73	1,87	1	72
282.	Merged	1	669	8,2	3,23	1	61,67
283.	Merged	1	670	10,93	3,73	0,68	100,75
284.	Merged	1	675	8,2	3,23	0,839	34,67
285.	Merged	1	676	13,66	4,17	0,546	53,8
286.	Merged	1	678	13,66	4,17	1	81,4
287.	Merged	1	680	2,73	1,87	1	114
288.	Merged	1	683	5,47	2,64	1	32
289.	Merged	1	684	8,2	3,23	0,9	50,33
290.	Merged	1	691	19,13	4,94	0,552	29,57
291.	Merged	1	692	2,73	1,87	1	41
292.	Merged	1	693	2,73	1,87	1	67
293.	Merged	1	695	2,73	1,87	1	81
294.	Merged	1	696	8,2	3,23	0,839	50,33
295.	Merged	1	697	5,47	2,64	1	31
296.	Merged	1	698	5,47	2,64	1	98
297.	Merged	1	702	5,47	2,64	1	61
298.	Merged	1	703	2,73	1,87	1	102
299.	Merged	1	704	2,73	1,87	1	57
300.	Merged	1	705	10,93	3,73	1	91
301.	Merged	1	706	10,93	3,73	0,645	106,5
302.	Merged	1	708	5,47	2,64	1	119
303.	Merged	1	710	13,66	4,17	0,523	86
304.	Merged	1	711	8,2	3,23	1	121,33
305.	Merged	1	712	5,47	2,64	1	46
306.	Merged	1	713	2,73	1,87	1	34
307.	Merged	1	714	13,66	4,17	1	105,2
308.	Merged	1	719	5,47	2,64	1	102,5
309.	Merged	1	720	10,93	3,73	0,68	99
310.	Merged	1	721	16,4	4,57	0,763	83,17
311.	Merged	1	724	2,73	1,87	1	104

(lanjutan)

312.	Merged	1	725	8,2	3,23	0,9	79
313.	Merged	1	726	13,66	4,17	0,546	40,6
314.	Merged	1	729	10,93	3,73	0,68	103,5
315.	Merged	1	732	19,13	4,94	0,392	83,71
316.	Merged	1	733	5,47	2,64	1	106,5
317.	Merged	1	736	5,47	2,64	1	37,5
318.	Merged	1	737	2,73	1,87	1	72
319.	Merged	1	739	10,93	3,73	0,645	30,5
320.	Merged	1	740	2,73	1,87	1	62
321.	Merged	1	741	2,73	1,87	1	83
322.	Merged	1	745	2,73	1,87	1	27
323.	Merged	1	746	2,73	1,87	1	40
324.	Merged	1	748	2,73	1,87	1	113
325.	Merged	1	749	2,73	1,87	1	115
326.	Merged	1	750	16,4	4,57	0,491	124,5
327.	Merged	1	751	8,2	3,23	0,9	47,33
328.	Merged	1	755	5,47	2,64	1	9
329.	Merged	1	759	8,2	3,23	0,9	118,33
330.	Merged	1	762	13,66	4,17	0,636	71,8
331.	Merged	1	763	13,66	4,17	0,636	102,6
332.	Merged	1	764	19,13	4,94	0,628	104,43
333.	Merged	1	768	5,47	2,64	1	95,5
334.	Merged	1	770	5,47	2,64	1	2
335.	Merged	1	771	2,73	1,87	1	62
336.	Merged	1	772	2,73	1,87	1	35
337.	Merged	1	773	8,2	3,23	1	106
338.	Merged	1	774	13,66	4,17	1	96,6
339.	Merged	1	775	8,2	3,23	0,839	43
340.	Merged	1	776	2,73	1,87	1	81
341.	Merged	1	777	5,47	2,64	1	80
342.	Merged	1	780	5,47	2,64	1	79,5
343.	Merged	1	781	5,47	2,64	1	116,5
344.	Merged	1	782	13,66	4,17	0,75	84,6
345.	Merged	1	783	2,73	1,87	1	94
346.	Merged	1	784	2,73	1,87	1	67
347.	Merged	1	794	16,4	4,57	0,684	93,5
348.	Merged	1	795	10,93	3,73	0,777	96
349.	Merged	1	802	2,73	1,87	1	89
350.	Merged	1	803	8,2	3,23	0,784	29,67
351.	Merged	1	805	16,4	4,57	0,456	41
352.	Merged	1	806	10,93	3,73	0,823	136,5
353.	Merged	1	809	2,73	1,87	1	60
354.	Merged	1	811	8,2	3,23	0,9	124,33
355.	Merged	1	812	16,4	4,57	0,56	97
356.	Merged	1	813	19,13	4,94	0,489	101,43
357.	Merged	1	814	2,73	1,87	1	81
358.	Merged	1	815	5,47	2,64	1	39,5
359.	Merged	1	817	5,47	2,64	1	77,5
360.	Merged	1	820	10,93	3,73	0,68	47,25
361.	Merged	1	822	8,2	3,23	1	106,33
362.	Merged	1	823	10,93	3,73	0,645	23,25
363.	Merged	1	824	8,2	3,23	0,784	35,33
364.	Merged	1	826	5,47	2,64	1	77,5

(lanjutan)

365.	Merged	1	828	2,73	1,87	1	65
366.	Merged	1	830	5,47	2,64	1	24,5
367.	Merged	1	836	2,73	1,87	1	51
368.	Merged	1	838	16,4	4,57	0,628	59,83
369.	Merged	1	840	16,4	4,57	0,473	56
370.	Merged	1	842	8,2	3,23	0,9	124,67
371.	Merged	1	846	16,4	4,57	0,51	36,67
372.	Merged	1	847	10,93	3,73	0,68	55,75
373.	Merged	1	849	10,93	3,73	0,954	80
374.	Merged	1	851	5,47	2,64	1	2
375.	Merged	1	852	2,73	1,87	1	64
376.	Merged	1	853	13,66	4,17	0,596	127,8
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	7,28	4,93	2,73	19,13			
EqDiameter	2,88	0,99	1,87	4,94			
Circularity	0,908	0,161	0,392	1			
MeanIntensity	71,71	26,63	2	136,5			
Area	829500	μm^2					
Nodule Count	453,28511	nodule/ mm^2					



(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul
TWADI 5**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	3	13,66	4,17	1	88,8
2.	Merged	1	5	13,66	4,17	0,713	107,4
3.	Merged	1	8	8,2	3,23	0,9	112,33
4.	Merged	1	9	16,4	4,57	0,9	99,33
5.	Merged	1	10	16,4	4,57	0,9	101,67
6.	Merged	1	11	19,13	4,94	1	98
7.	Merged	1	13	16,4	4,57	1	83,67
8.	Merged	1	15	2,73	1,87	1	93
9.	Merged	1	17	19,13	4,94	1	88,43
10.	Merged	1	21	8,2	3,23	1	96,67
11.	Merged	1	25	5,47	2,64	1	86,5
12.	Merged	1	28	5,47	2,64	1	88
13.	Merged	1	31	2,73	1,87	1	92
14.	Merged	1	32	13,66	4,17	1	85
15.	Merged	1	33	10,93	3,73	0,954	91
16.	Merged	1	34	16,4	4,57	1	93,5
17.	Merged	1	35	13,66	4,17	1	89
18.	Merged	1	36	10,93	3,73	1	90
19.	Merged	1	38	19,13	4,94	1	83,71
20.	Merged	1	39	10,93	3,73	1	85,5
21.	Merged	1	40	13,66	4,17	1	84
22.	Merged	1	41	5,47	2,64	1	88
23.	Merged	1	47	5,47	2,64	1	80
24.	Merged	1	53	19,13	4,94	0,933	79,86
25.	Merged	1	58	16,4	4,57	0,9	87,33
26.	Merged	1	60	10,93	3,73	1	93,75
27.	Merged	1	64	13,66	4,17	0,75	89
28.	Merged	1	66	10,93	3,73	0,718	97,75
29.	Merged	1	71	10,93	3,73	0,954	97,25
30.	Merged	1	74	10,93	3,73	0,777	91,75
31.	Merged	1	81	13,66	4,17	1	99,2
32.	Merged	1	86	5,47	2,64	1	91,5
33.	Merged	1	88	8,2	3,23	1	82,33
34.	Merged	1	89	5,47	2,64	1	60
35.	Merged	1	92	16,4	4,57	1	82,17
36.	Merged	1	96	13,66	4,17	1	88,8
37.	Merged	1	102	2,73	1,87	1	77
38.	Merged	1	104	5,47	2,64	1	88
39.	Merged	1	105	2,73	1,87	1	81
40.	Merged	1	108	10,93	3,73	0,954	79
41.	Merged	1	111	16,4	4,57	1	88,83
42.	Merged	1	123	19,13	4,94	1	100,29
43.	Merged	1	124	10,93	3,73	0,954	91,5
44.	Merged	1	127	13,66	4,17	1	107,6
45.	Merged	1	130	19,13	4,94	0,933	78,29
46.	Merged	1	136	16,4	4,57	0,9	86,67

(lanjutan)

47.	Merged	1	142	5,47	2,64	1	102
48.	Merged	1	145	13,66	4,17	1	75
49.	Merged	1	146	10,93	3,73	0,954	53
50.	Merged	1	148	10,93	3,73	0,823	109,5
51.	Merged	1	150	5,47	2,64	1	94,5
52.	Merged	1	151	10,93	3,73	0,823	61,25
53.	Merged	1	152	16,4	4,57	1	82,33
54.	Merged	1	153	10,93	3,73	0,954	78,75
55.	Merged	1	156	5,47	2,64	1	82,5
56.	Merged	1	157	2,73	1,87	1	110
57.	Merged	1	175	13,66	4,17	1	99,6
58.	Merged	1	178	5,47	2,64	1	83,5
59.	Merged	1	180	19,13	4,94	0,89	92,86
60.	Merged	1	185	19,13	4,94	0,451	63,57
61.	Merged	1	188	19,13	4,94	1	91,71
62.	Merged	1	191	5,47	2,64	1	73
63.	Merged	1	199	5,47	2,64	1	83
64.	Merged	1	205	5,47	2,64	1	84
65.	Merged	1	214	5,47	2,64	1	116
66.	Merged	1	220	19,13	4,94	0,933	87,14
67.	Merged	1	222	16,4	4,57	0,655	83,33
68.	Merged	1	223	13,66	4,17	0,85	72,6
69.	Merged	1	233	8,2	3,23	0,9	85,33
70.	Merged	1	235	8,2	3,23	1	80,33
71.	Merged	1	236	8,2	3,23	1	90
72.	Merged	1	240	2,73	1,87	1	95
73.	Merged	1	241	5,47	2,64	1	116,5
74.	Merged	1	258	16,4	4,57	0,9	87
75.	Merged	1	259	10,93	3,73	0,823	87,25
76.	Merged	1	262	5,47	2,64	1	69,5
77.	Merged	1	264	8,2	3,23	1	99
78.	Merged	1	265	5,47	2,64	1	90,5
79.	Merged	1	266	8,2	3,23	0,9	82
80.	Merged	1	267	13,66	4,17	1	85,6
81.	Merged	1	268	8,2	3,23	1	93
82.	Merged	1	274	2,73	1,87	1	70
83.	Merged	1	275	16,4	4,57	0,518	72,5
84.	Merged	1	279	2,73	1,87	1	84
85.	Merged	1	280	2,73	1,87	1	63
86.	Merged	1	285	2,73	1,87	1	106
87.	Merged	1	286	5,47	2,64	1	81
88.	Merged	1	287	2,73	1,87	1	79
89.	Merged	1	288	2,73	1,87	1	71
90.	Merged	1	290	2,73	1,87	1	66
91.	Merged	1	293	10,93	3,73	1	85,25
92.	Merged	1	296	16,4	4,57	0,763	65
93.	Merged	1	298	5,47	2,64	1	87,5
94.	Merged	1	302	2,73	1,87	1	79
95.	Merged	1	306	10,93	3,73	0,954	82
96.	Merged	1	310	2,73	1,87	1	84
97.	Merged	1	311	2,73	1,87	1	114
98.	Merged	1	313	5,47	2,64	1	62,5
99.	Merged	1	318	13,66	4,17	1	74,4

(lanjutan)

100.	Merged	1	320	8,2	3,23	1	99,33
101.	Merged	1	322	5,47	2,64	1	86,5
102.	Merged	1	324	8,2	3,23	1	83,33
103.	Merged	1	325	13,66	4,17	1	81,8
104.	Merged	1	327	5,47	2,64	1	82,5
105.	Merged	1	334	5,47	2,64	1	134
106.	Merged	1	337	2,73	1,87	1	93
107.	Merged	1	338	10,93	3,73	0,695	80
108.	Merged	1	339	16,4	4,57	0,8	90
109.	Merged	1	343	2,73	1,87	1	85
110.	Merged	1	344	19,13	4,94	0,72	85,57
111.	Merged	1	345	16,4	4,57	1	86,83
112.	Merged	1	348	2,73	1,87	1	92
113.	Merged	1	351	2,73	1,87	1	84
114.	Merged	1	352	10,93	3,73	0,718	127,75
115.	Merged	1	353	2,73	1,87	1	61
116.	Merged	1	358	10,93	3,73	0,823	99,5
117.	Merged	1	371	13,66	4,17	1	87,2
118.	Merged	1	373	2,73	1,87	1	80
119.	Merged	1	376	19,13	4,94	1	87,57
120.	Merged	1	377	19,13	4,94	1	94,71
121.	Merged	1	379	19,13	4,94	1	86,14
122.	Merged	1	384	10,93	3,73	0,823	80,75
123.	Merged	1	388	5,47	2,64	1	103
124.	Merged	1	394	5,47	2,64	1	78
125.	Merged	1	399	10,93	3,73	0,954	76
126.	Merged	1	400	2,73	1,87	1	129
127.	Merged	1	405	2,73	1,87	1	85
128.	Merged	1	407	19,13	4,94	0,89	81,86
129.	Merged	1	412	8,2	3,23	0,9	81,33
130.	Merged	1	420	2,73	1,87	1	75
131.	Merged	1	421	13,66	4,17	1	80,8
132.	Merged	1	433	13,66	4,17	1	80,2
133.	Merged	1	435	2,73	1,87	1	76
134.	Merged	1	441	5,47	2,64	1	69,5
135.	Merged	1	442	2,73	1,87	1	59
136.	Merged	1	444	16,4	4,57	1	86,17
137.	Merged	1	446	2,73	1,87	1	73
138.	Merged	1	448	5,47	2,64	1	126,5
139.	Merged	1	452	8,2	3,23	1	100,67
140.	Merged	1	457	5,47	2,64	1	77
141.	Merged	1	458	2,73	1,87	1	70
142.	Merged	1	459	19,13	4,94	0,798	81,14
143.	Merged	1	466	2,73	1,87	1	107
144.	Merged	1	471	16,4	4,57	0,9	97,5
145.	Merged	1	473	5,47	2,64	1	68,5
146.	Merged	1	479	10,93	3,73	1	82,75
147.	Merged	1	481	16,4	4,57	1	83,67
148.	Merged	1	482	19,13	4,94	0,489	84,14
149.	Merged	1	486	13,66	4,17	0,68	75,2
150.	Merged	1	487	19,13	4,94	0,798	87,14
151.	Merged	1	490	16,4	4,57	0,9	76
152.	Merged	1	491	2,73	1,87	1	78

(lanjutan)

153.	Merged	1	507	8,2	3,23	1	67,67
154.	Merged	1	509	2,73	1,87	1	94
155.	Merged	1	511	10,93	3,73	1	70,75
156.	Merged	1	515	16,4	4,57	0,538	84,83
157.	Merged	1	519	2,73	1,87	1	94
158.	Merged	1	522	19,13	4,94	1	80,57
159.	Merged	1	524	19,13	4,94	1	97,71
160.	Merged	1	525	19,13	4,94	0,798	81
161.	Merged	1	526	2,73	1,87	1	95
162.	Merged	1	528	8,2	3,23	0,839	58,67
163.	Merged	1	529	5,47	2,64	1	93,5
164.	Merged	1	530	19,13	4,94	1	89,86
165.	Merged	1	532	13,66	4,17	1	86
166.	Merged	1	534	10,93	3,73	0,954	66,75
167.	Merged	1	535	13,66	4,17	1	70,4
168.	Merged	1	536	5,47	2,64	1	91,5
169.	Merged	1	537	2,73	1,87	1	87
170.	Merged	1	544	5,47	2,64	1	130
171.	Merged	1	552	13,66	4,17	1	96
172.	Merged	1	553	10,93	3,73	0,823	89,5
173.	Merged	1	555	19,13	4,94	0,798	86,29
174.	Merged	1	556	5,47	2,64	1	84
175.	Merged	1	557	19,13	4,94	0,933	87,57
176.	Merged	1	558	8,2	3,23	0,9	100,67
177.	Merged	1	562	2,73	1,87	1	95
178.	Merged	1	563	8,2	3,23	1	90,67
179.	Merged	1	567	5,47	2,64	1	85,5
180.	Merged	1	569	19,13	4,94	0,933	101
181.	Merged	1	571	19,13	4,94	1	86,43
182.	Merged	1	573	19,13	4,94	0,933	82,71
183.	Merged	1	580	5,47	2,64	1	75,5
184.	Merged	1	582	2,73	1,87	1	115
185.	Merged	1	588	8,2	3,23	1	99,33
186.	Merged	1	589	10,93	3,73	0,645	83,75
187.	Merged	1	590	8,2	3,23	0,9	109,33
188.	Merged	1	593	10,93	3,73	1	84,25
189.	Merged	1	594	5,47	2,64	1	85,5
190.	Merged	1	596	13,66	4,17	1	94,8
191.	Merged	1	606	8,2	3,23	1	77,33
192.	Merged	1	608	13,66	4,17	1	81,8
193.	Merged	1	609	5,47	2,64	1	85
194.	Merged	1	611	19,13	4,94	0,392	73
195.	Merged	1	613	8,2	3,23	1	83,67
196.	Merged	1	614	8,2	3,23	0,9	95,33
197.	Merged	1	616	19,13	4,94	1	86,14
198.	Merged	1	623	2,73	1,87	1	117
199.	Merged	1	624	13,66	4,17	1	89,2
200.	Merged	1	626	10,93	3,73	0,954	132,25
201.	Merged	1	630	19,13	4,94	0,933	90,57
202.	Merged	1	634	8,2	3,23	0,9	73,67
203.	Merged	1	640	8,2	3,23	1	52,33
204.	Merged	1	645	19,13	4,94	0,933	118,71
205.	Merged	1	648	2,73	1,87	1	72

(lanjutan)

206.	Merged	1	650	2,73	1,87	1	80
207.	Merged	1	653	8,2	3,23	1	83
208.	Merged	1	654	10,93	3,73	1	95,75
209.	Merged	1	658	16,4	4,57	1	93
210.	Merged	1	667	19,13	4,94	1	90,71
211.	Merged	1	668	13,66	4,17	1	69,4
212.	Merged	1	672	8,2	3,23	1	87
213.	Merged	1	675	2,73	1,87	1	84
214.	Merged	1	678	2,73	1,87	1	79
215.	Merged	1	679	2,73	1,87	1	92
216.	Merged	1	683	13,66	4,17	0,68	85,2
217.	Merged	1	684	10,93	3,73	1	100
218.	Merged	1	685	2,73	1,87	1	121
219.	Merged	1	686	5,47	2,64	1	84,5
220.	Merged	1	687	19,13	4,94	0,638	84,29
221.	Merged	1	689	16,4	4,57	1	118,67
222.	Merged	1	702	16,4	4,57	1	77,5
223.	Merged	1	703	5,47	2,64	1	42,5
224.	Merged	1	704	8,2	3,23	1	105
225.	Merged	1	712	13,66	4,17	0,75	69,2
226.	Merged	1	714	10,93	3,73	1	131,5
227.	Merged	1	717	8,2	3,23	1	73,33
228.	Merged	1	719	2,73	1,87	1	122
229.	Merged	1	720	13,66	4,17	0,971	94
230.	Merged	1	723	19,13	4,94	0,933	84,57
231.	Merged	1	725	8,2	3,23	1	71,33
232.	Merged	1	726	16,4	4,57	1	95,33
233.	Merged	1	727	2,73	1,87	1	91
234.	Merged	1	729	16,4	4,57	1	78,33
235.	Merged	1	733	5,47	2,64	1	113
236.	Merged	1	734	19,13	4,94	0,933	94,71
237.	Merged	1	739	13,66	4,17	0,607	84,2
238.	Merged	1	741	5,47	2,64	1	54
239.	Merged	1	742	10,93	3,73	1	81,75
240.	Merged	1	743	8,2	3,23	1	93,33
241.	Merged	1	744	2,73	1,87	1	86
242.	Merged	1	746	5,47	2,64	1	94
243.	Merged	1	747	5,47	2,64	1	96,5
244.	Merged	1	754	13,66	4,17	1	87,2
245.	Merged	1	760	8,2	3,23	1	96
246.	Merged	1	761	19,13	4,94	0,489	77,57
247.	Merged	1	764	13,66	4,17	1	103,6
248.	Merged	1	768	16,4	4,57	1	87,17
249.	Merged	1	770	19,13	4,94	1	80,86
250.	Merged	1	771	2,73	1,87	1	107
251.	Merged	1	772	8,2	3,23	0,839	51
252.	Merged	1	774	2,73	1,87	1	95
253.	Merged	1	784	8,2	3,23	1	80,33
254.	Merged	1	787	13,66	4,17	1	103,4
255.	Merged	1	789	19,13	4,94	1	98,14
256.	Merged	1	793	2,73	1,87	1	95
257.	Merged	1	795	5,47	2,64	1	81
258.	Merged	1	797	2,73	1,87	1	99

(lanjutan)

259.	Merged	1	800	16,4	4,57	0,9	85,83
260.	Merged	1	801	16,4	4,57	0,9	90,33
261.	Merged	1	803	10,93	3,73	1	95,5
262.	Merged	1	804	13,66	4,17	1	105,2
263.	Merged	1	806	16,4	4,57	0,9	89,33
264.	Merged	1	807	13,66	4,17	1	86
265.	Merged	1	812	5,47	2,64	1	89,5
266.	Merged	1	818	5,47	2,64	1	130
267.	Merged	1	820	13,66	4,17	0,75	88,2
268.	Merged	1	827	19,13	4,94	0,552	74,14
269.	Merged	1	828	16,4	4,57	0,9	89
270.	Merged	1	833	5,47	2,64	1	85
271.	Merged	1	835	5,47	2,64	1	103
272.	Merged	1	837	8,2	3,23	0,9	87,67
273.	Merged	1	840	2,73	1,87	1	109
274.	Merged	1	844	13,66	4,17	1	95,8
275.	Merged	1	854	19,13	4,94	0,798	83,29
276.	Merged	1	862	2,73	1,87	1	77
277.	Merged	1	866	10,93	3,73	1	98,75
278.	Merged	1	868	10,93	3,73	1	111,25
279.	Merged	1	869	2,73	1,87	1	137
280.	Merged	1	872	8,2	3,23	0,9	77,67
281.	Merged	1	881	19,13	4,94	1	90,29
282.	Merged	1	882	2,73	1,87	1	84
283.	Merged	1	884	5,47	2,64	1	97
284.	Merged	1	888	16,4	4,57	0,617	75,17
285.	Merged	1	890	16,4	4,57	1	98
286.	Merged	1	892	16,4	4,57	1	93,67
287.	Merged	1	893	13,66	4,17	1	98,6
288.	Merged	1	895	10,93	3,73	1	101,25
289.	Merged	1	897	8,2	3,23	0,9	106,67
290.	Merged	1	898	13,66	4,17	1	87
291.	Merged	1	899	16,4	4,57	0,9	51
292.	Merged	1	904	10,93	3,73	0,954	115,5
293.	Merged	1	906	2,73	1,87	1	115
294.	Merged	1	907	16,4	4,57	0,8	99
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,26	5,68	2,73	19,13			
EqDiameter	3,45	1,06	1,87	4,94			
Circularity	0,948	0,109	0,392	1			
MeanIntensity	88,48	14,89	42,5	137			
Area	829500	μm^2					
Nodule Count	354,43038	nodule/mm ²					



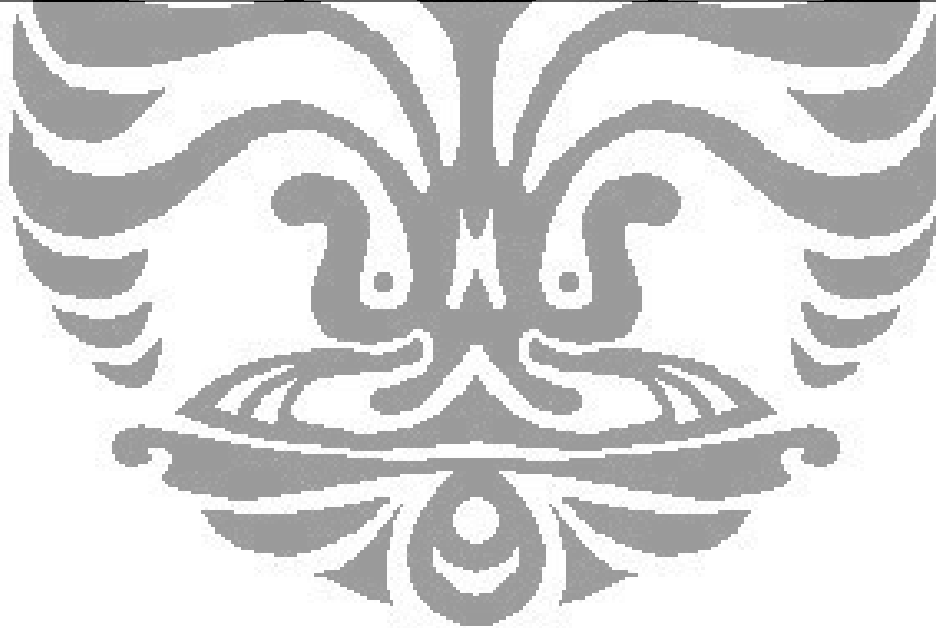
LAMPIRAN 5

Data Pengujian Kekerasan dan Kekuatan Tarik

Tabel Hasil Pengujian Kekerasan TWADI

Metode : Rockwell B
 Beban : 100 kgf
 Holding : 5 detik
 Indentor : 1/16" ball

TWADI	Kekerasan per Titik (HRB)							Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	HRB	BHN
1	112	112	112	112	113	112	112	112	369
2	113	114	113	112	113	113	112	113	379
3	112	112	112	113	113	113	113	113	379
4	112	112	112	111	111	111	111	111	351
5	112	112	111	112	112	112	113	112	369
Rata-rata Kekerasan TWADI								112	369



Tabel Hasil Pengujian Kekerasan TWDI

Metode : Brinell
Beban : 187,5 kg

Waktu tahan : 15 detik
Indentor : bola baja 3,2 mm

TWDI	Titik	Dx	Dy	Drata-rata	HB	HB Rata2
A1	1	1,131	1,141	1,136	179,0589022	180,294276
	2	1,089	1,128	1,1085	188,3661904	
	3	1,05	1,09	1,07	202,6197156	
	4	1,124	1,126	1,125	182,7001098	
	5	1,13	1,149	1,1395	177,9223566	
	6	1,178	1,181	1,1795	165,6421655	
	7	1,158	1,182	1,17	168,4452211	
	8	1,136	1,145	1,1405	177,5995465	
A2	1	1,15	1,204	1,177	166,3732478	177,2895468
	2	1,073	1,081	1,077	199,9142029	
	3	1,113	1,138	1,1255	182,5322845	
	4	1,029	1,027	1,028	220,0290876	
	5	1,233	1,188	1,2105	156,9490054	
	6	1,19	1,175	1,1825	164,7709685	
	7	1,175	1,162	1,1685	168,8940579	
	8	1,231	1,176	1,2035	158,8535198	
A3	1	1,16	1,117	1,1385	178,2460163	170,753059
	2	1,137	1,134	1,1355	179,2221229	
	3	1,217	1,175	1,196	160,9312147	
	4	1,168	1,181	1,1745	167,1089946	
	5	1,207	1,159	1,183	164,6264118	
	6	1,12	1,117	1,1185	184,902329	
	7	1,206	1,191	1,1985	160,2343233	
A4	1	1,103	1,112	1,1075	188,7177388	184,242521
	2	1,06	1,085	1,0725	201,6473855	
	3	1,129	1,093	1,111	187,4914628	
	4	1,185	1,1	1,0925	194,107187	
	5	1,179	1,18	1,1795	165,6421655	
	6	1,149	1,079	1,114	186,449542	
	7	1,151	1,208	1,1795	165,6421655	
A5	1	1,032	1,063	1,0475	211,6859438	207,487445
	2	1,053	1,068	1,0605	206,3774167	
	3	1,069	1,052	1,0605	206,3774167	
	4	1,024	1,064	1,044	213,1491133	
	5	1,077	1,067	1,072	201,8413081	
	6	1,023	1,088	1,0555	208,3959836	
	7	1,039	1,091	1,065	204,5849324	

(lanjutan)

Tabel Hasil Pengujian Tarik TWADI

Alat uji : Shimadzu Servopulser

Beban : 20 ton

Panjang Gauge Length : 50 mm

TWADI	Dimensi		Luas Penampang (mm ²)	Panjang Ukur (mm)	Beban Putus (Kg)	Beban Luluh (Kg)	ΔL (mm)	UTS			Elongasi (%)
	Tebal (mm)	Lebar (mm)						(Kg/mm ²)	(Ksi)	(MPa)	
1	2,4	15,3	36,72	50	2900	-	0,5	78	111	765	1
2	1,8	15,4	27,72	50	1250	-	0,25	45	64	441	0,5
3	1,85	15,3	28,305	50	1800	-	0,25	63	90	618	0,5
4	2,25	15,4	34,65	50	2700	-	0,5	77	110	755	1
5	2,1	14,95	31,395	50	1550	-	0,25	49	70	481	0,5

Tabel Perbandingan Sifat-sifat TWADI dan TWADI

Posisi	Nodule Count (nodule/mm ²)	Nodularity (%)	D average (μm)	TWADI				TWADI			
				Hardness (BHN)	UTS		Elongation (%)	Hardness (BHN)	UTS		Elongation (%)
					(Kg/mm ²)	(MPa)			(Kg/mm ²)	(MPa)	
1	317	90	3	180	31	304,0077	0	369	78	764,9226	1
2	350	92	3	177	11	107,8737	0	379	45	441,3015	0,5
3	285	92	3	171	23	225,5541	0	379	63	617,8221	0,5
4	453	91	3	184	42	411,8814	0	351	77	755,1159	1
5	354	95	4	208	34	333,4278	0	369	49	480,5283	0,5
Rata-rata				184	28	277	0	369	62	612	0,7

(lanjutan)

Perbandingan Sifat-sifat antar-TWADI

Perbandingan TWADI	Jumlah Nodul (%)	Kenodulan (%)	Diameter Nodul (%)	Kekerasan (%)	UTS (%)	Elongasi (%)
2 terhadap 1	10,41009464	2,2222222	0	0,636943	-42,3077	-50
3 terhadap 1	-10,09463722	2,2222222	0	0,382166	-19,2308	-50
4 terhadap 1	42,9022082	1,1111111	0	-0,63694	-1,28205	0
5 terhadap 1	11,67192429	5,55555556	33,3333333	-0,12739	-37,1795	-50
3 terhadap 2	-18,57142857	0	0	0	40	0
4 terhadap 2	29,42857143	-1,0869565	0	-1	71,11111	100
5 terhadap 2	1,142857143	3,2608696	33,3333333	-1	8,888889	0
4 terhadap 3	58,94736842	-1,0869565	0	-1,01523	22,22222	100
5 terhadap 3	24,21052632	3,2608696	33,3333333	-0,50761	-22,2222	0
5 terhadap 4	-21,85430464	4,3956044	33,3333333	0,512821	-36,3636	-50



Diagram fasa Fe-C 2,5%Si^[40]

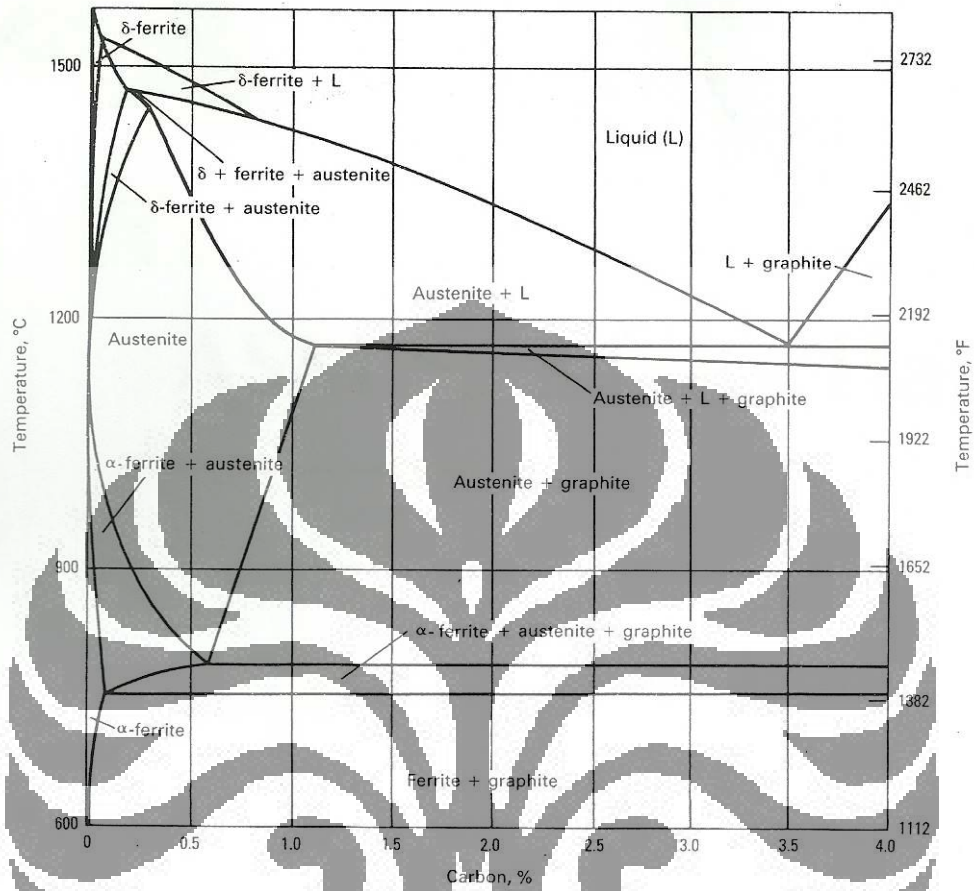
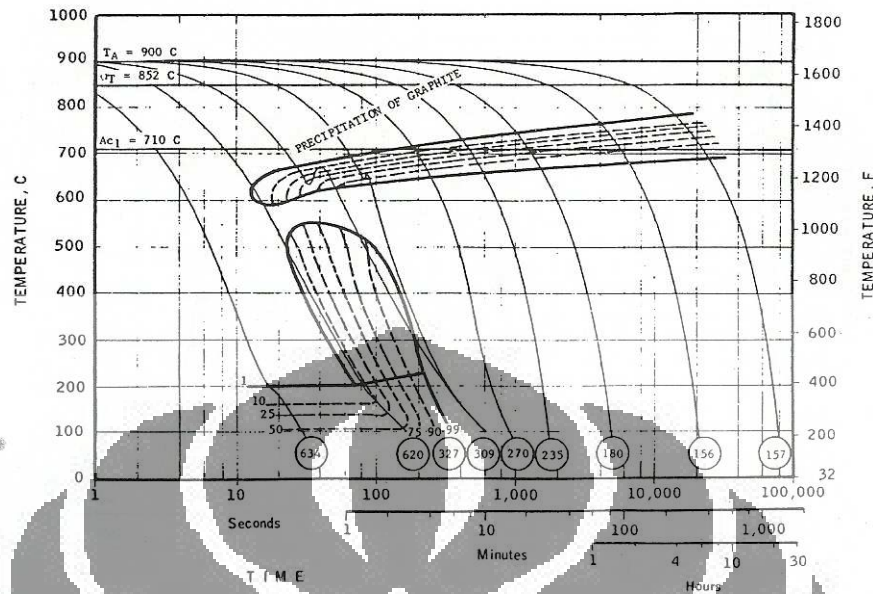


Diagram CCT Besi Tuang Nodular



**Komposisi: Fe - 3,79%C - 0,42%Mn - 2,75%Si - 0,039%P - 0,01%S - 0,02%Cr - 0,04%Mo - 0,05%Mg.
Austenisasi 900°C selama 20 menit^[41]**