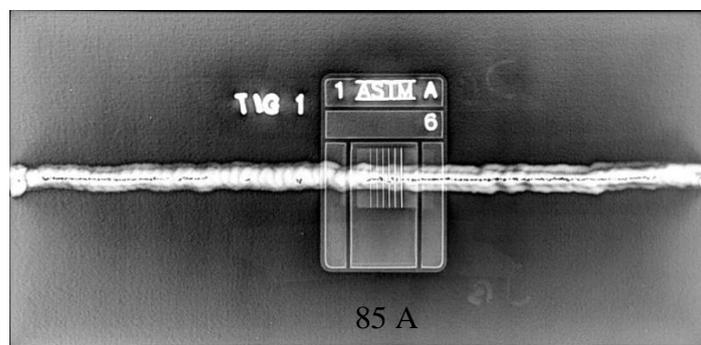


BAB IV

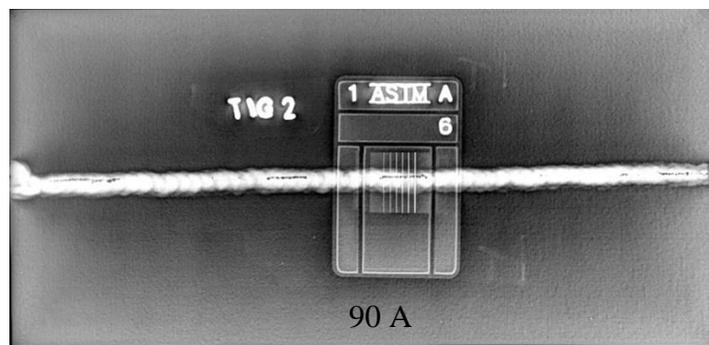
HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Radiografi

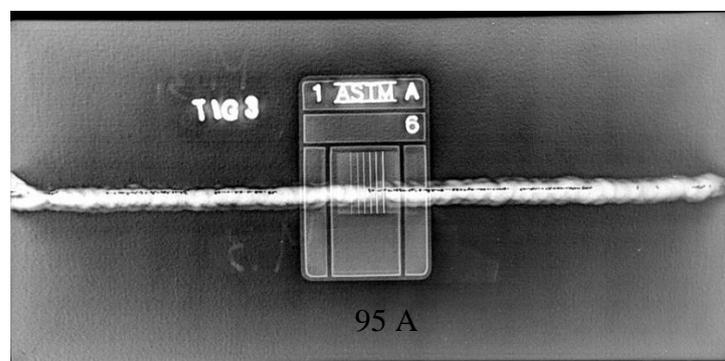
Bedasarkan hasil pengujian radiografi menunjukan jenis cacat dan jumlah porositas yang dimiliki setiap spesimennya, berikut adalah hasil pengujian radiografi (Gambar 4.1 ; gambar 4.2 ; gambar 4.3).



Gambar 4.1 Hasil pengujian radiografi spesimen 85 A



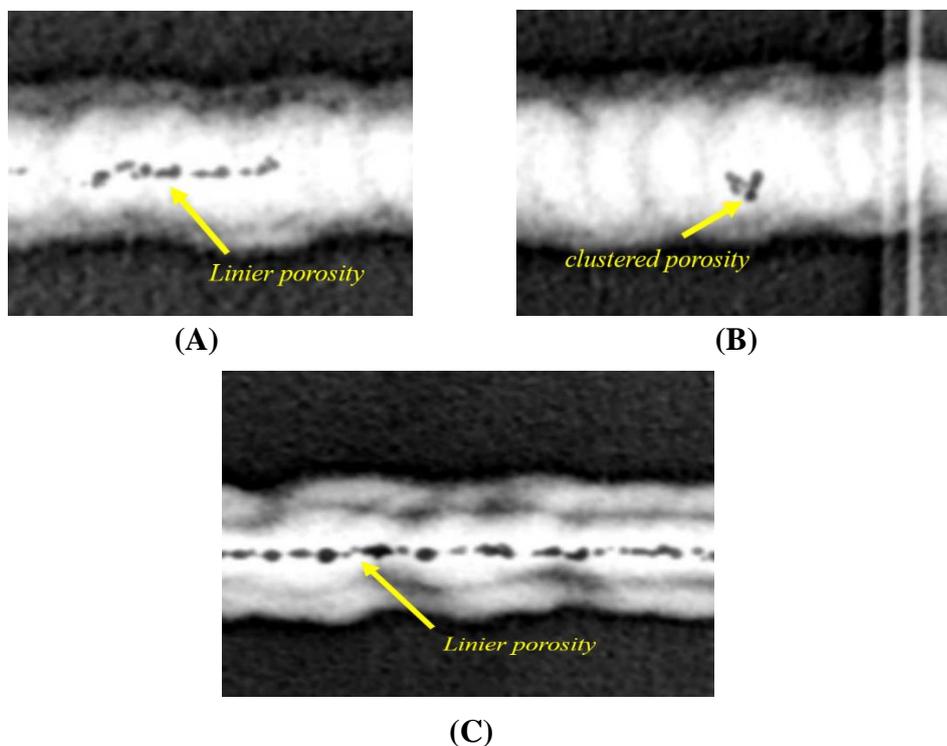
Gambar 4.2 Hasil pengujian radiografi spesimen 90 A



Gambar 4.3 Hasil pengujian radiografi spesimen 95 A

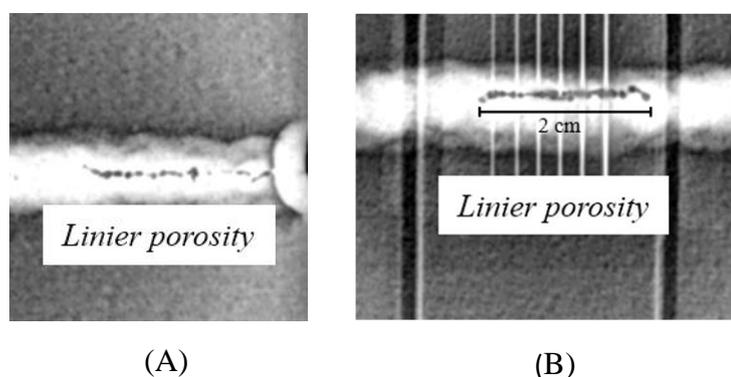
Dari hasil pengujian radiografi dapat dilihat pada spesimen TIG 1 menunjukkan pada bagian kiri spesimen terdapat cacat *linier porosity* atau porositas yang berbentuk memanjang sejalur dengan arah las, dengan konsentrasi butiran porositi yang kecil dan sedang (gambar 4.4). *linier porosity* sering juga berbentuk memanjang dengan dari porositas satu sama lain. Pada bagian kanan spesimen las memiliki cacat *linier porosity* juga, tetapi ukurannya sedang dan besar.

Pada bagian tengah spesimen TIG 1 dapat dilihat cacat *clustered porosity*, porositas dengan jenis ini adalah jenis porositas dengan jumlah yang banyak pada konsentrasi yang kecil, bentuk *clustered porosity* biasanya bertumpuk dan tersebar cacat *clustered porosity* dapat dilihat pada gambar 4.4.



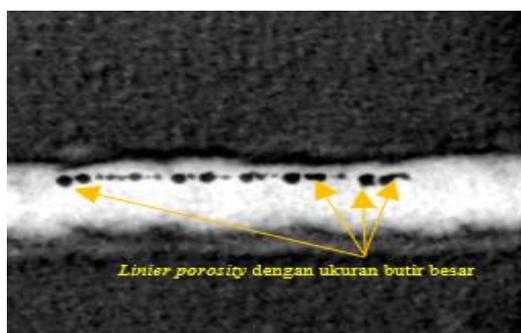
Gambar 4.4 Cacat radiografi pada spesimen TIG 1 : (A) *linier porosity* pada bagian kiri las, (B) *clustered porosity* pada bagian tengah las, (C) *linier porosity* pada bagian kanan las.

Pada spesimen TIG 2, hasil radiografi menunjukkan adanya cacat *linier porosity* yang parah dengan ukuran ± 2 cm pada bagian tengah spesimen dengan ukuran porositas kecil dan sedang memanjang searah dengan jalur las. Pada bagian ujung kanan las terdapat cacat *linier porosity* dengan ukuran porositas yang kecil. Porositas pada spesimen TIG 2 dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Cacat radiografi pada spesimen TIG 2 : (A) *linier porosity* pada bagian ujung kanan las (B) *linier porosity* pada bagian tengah spesimen dengan panjang 2 cm

Spesimen TIG 3 merupakan spesimen dengan tingkat cacat porositas paling banyak diantara dua spesimen TIG 1 dan TIG 2, hasil pengujian radiografi menunjukkan banyaknya porositas berukuran besar yang tersebar memanjang, selain itu jumlah spesimen TIG 3 memiliki jumlah porositas yang paling banyak (Tabel 4.2). Gambar 4.6 menunjukkan cacat radiografi pada spesimen TIG 3.

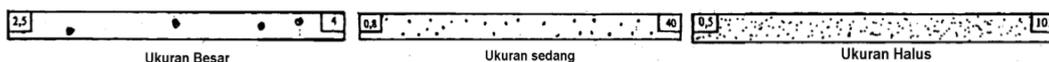


Gambar 4.6 Cacat radiografi spesimen TIG 3

Berdasarkan peraturan Menteri Ketenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per.O2/MEN/1982, tentang Kualifikasi Juru Las di Tempat Kerja, dengan panjang pelat 150 mm. Kriteria lolos uji dan layak pakai jumlah porositas dengan variabel tebal pelat, ukuran dan jumlah porositas dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 jenis dan jumlah porositas layak pakai pada pelat 150 mm

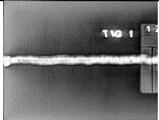
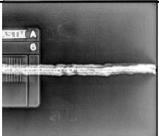
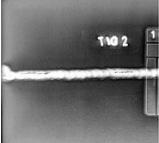
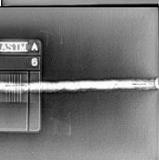
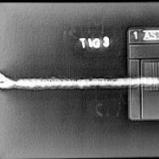
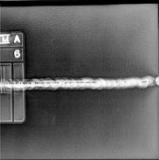
Tebal Pelat	Ukuran liang-liang renik (gelembung gas) mm						Jumlah liang renik
	Ukuran Besar	Jumlah	Ukuran sedang	Jumlah	Ukuran Halus	Jumlah	
3	-	-	-	-	0,4	49	4,
6	-	-	0,6	31	0,4	100	10
12	2,5	4	0,8	40	0,5	101	19
19	3	4	0,9	50	0,6	99	29



Dari tabel jenis dan jumlah porositas layak pakai pada pelat 150 mm menunjukkan pada telab pelat 3 mm, spesimen las tidak boleh memiliki cacat porositas dengan ukuran sedang dan ukuran besar. Sedangkan ukuran halus memiliki batas jumlah sebesar empat puluh sembilan per 150 mm.

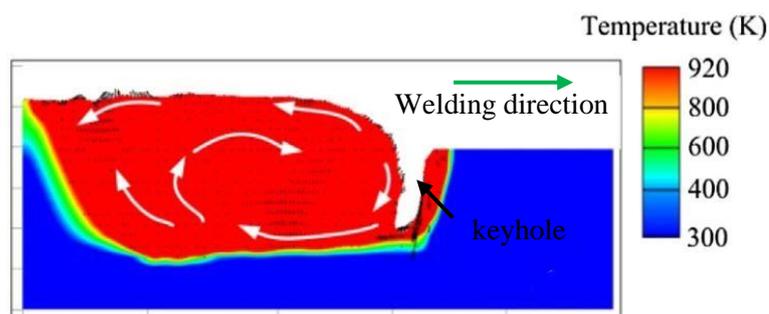
Hasil pengujian radiografi terhadap spesimen TIG 1, TIG 2, dan TIG 3 menunjukkan jumlah dan jenis cacat dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan porositas

Spesimen	Bagian	Gambar	Jenis Catat	Jumlah Cacat			Keterangan
				Halus	Sedang	Besar	
TIG 1	Kanan		<i>Linier porosity</i> (ditengah las parah), <i>clustered porosity</i> , <i>distributed porosity</i>	23	14	24	Tidak lulus
	Kiri		<i>Linier porosity</i> (ditengah las parah), <i>distributed porosity</i>	37	28	19	Tidak lulus
TIG 2	Kanan		<i>Linier porosity</i> (bagian pinggir), <i>distributed porosity</i>	10	13	8	Tidak lulus
	Kiri		<i>Linier porosity</i> (ditengah las parah), dan titik sepanjang ± 2 cm, <i>distributed porosity</i>	16	12	5	Tidak lulus
TIG 3	Kanan		<i>Linier porosity</i> (bagian pinggir) hampir setengah panjang spesimen	12	22	15	Tidak lulus
	Kiri		<i>Linier porosity</i> (bagian pinggir) hampir setengah panjang spesimen, <i>distributed porosity</i>	37	26	18	Tidak lulus

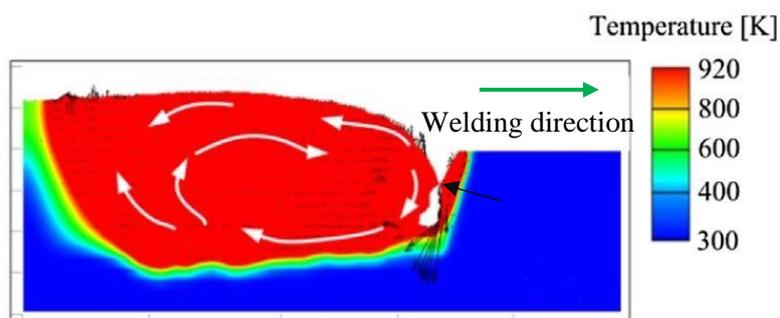
Menurut peraturan Menteri Ketenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per.O2/MEN/1982 Tentang Kualifikasi Juru Las di Tempat Kerja, hasil pengelasan dari masing-masing spesimen dapat dinyatakan tidak lulus uji karena jumlah cacat porositas melebihi ambang batas atau lebih dari 49 per 150 mm. Hasil las terbaik yaitu TIG 2 dengan kuat arus 90 A dengan jumlah porositas 26 porositas berukuran halus, 25 porositas berukuran sedang, dan 13 porositas berukuran besar.

Jika divisualisasikan terbentuknya cacat porositas pada ke tiga spesimen kurang lebih akan seperti pada gambar berikut:



Gambar 4.7 Simulasi terjadinya cacat porositas bagian 1 (Xu, 2019)

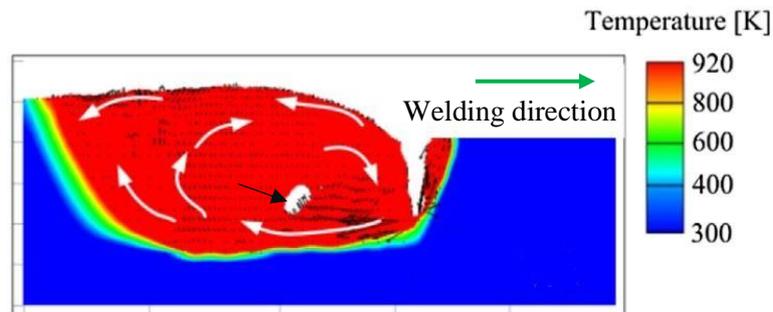
Pengelasan pada bagian block V yang berfungsi sebagai *welding base* akan membuat sebuah *keyhole* atau adanya ruang kosong yang disebabkan oleh tekanan arc dan adanya tekanan dari gas pelindung yang berlebih. Panah putih pada gambar menunjukkan *fluid flow* yang terjadi pada *molten pool*. *Keyhole* selalu bergerak ke arah pergerakan laju las yang ditunjukkan para panah hijau.



Gambar 4.8 Simulasi terjadinya cacat porositas bagian 2 (Xu, 2019)

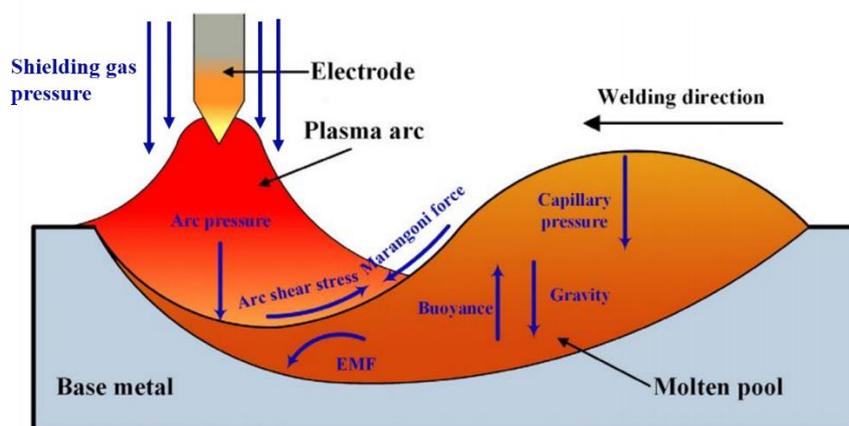
Gambar 4.8 memperlihatkan pergerakan *molten pool* membuat sekat pada bagian *keyhole* yang menyebabkan terperangkapnya rongga kosong didalam *molten*

pool (ditunjukkan pada panah hitam) dan peristiwa ini sangat wajar terjadi pada pengelasan.

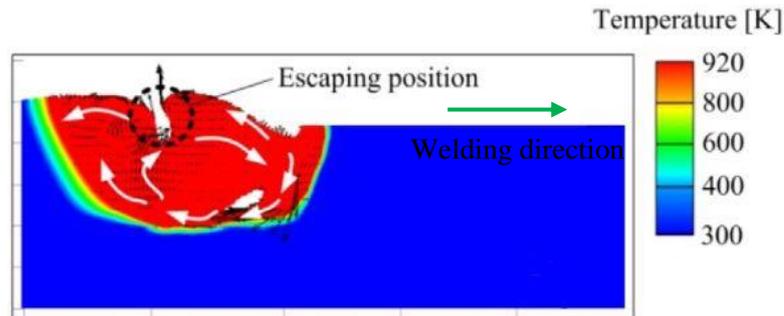


Gambar 4.9 Simulasi terjadinya cacat porositas bagian 3 (Xu, 2019)

Rongga kosong (ditunjukkan pada panah hitam) akan bergerak menjauh dari *keyhole* disebabkan adanya gerakan *molten pool* dan pergerakan laju pengelasan. Rongga kosong yang terperangkap pada bagian *molten pool* akan menjadi cacat porositas jika bagian *molten pool* mengeras dan rongga kosong akan terperangkap didalamnya. Pada proses pengelasan ada yang disebut *driving forces exerted on molten pool* atau gaya pendorong yang terjadi pada bagian *molten pool* (gambar 4.10). Pada gambar 4.10 Menjelaskan ada beberapa komponen gaya yang dapat mempengaruhi bentuk dari *weld pool*, termasuk yang mempengaruhi pergerakan pada rongga kosong yang berada didalam *molten pool*.

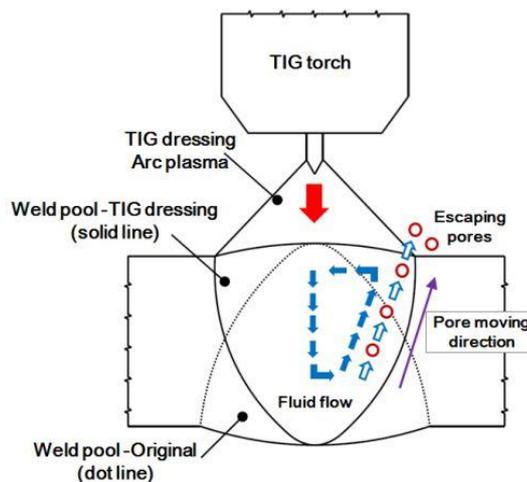


Gambar 4.10 *driving forces exerted on molten pool* (Meng, 2016)

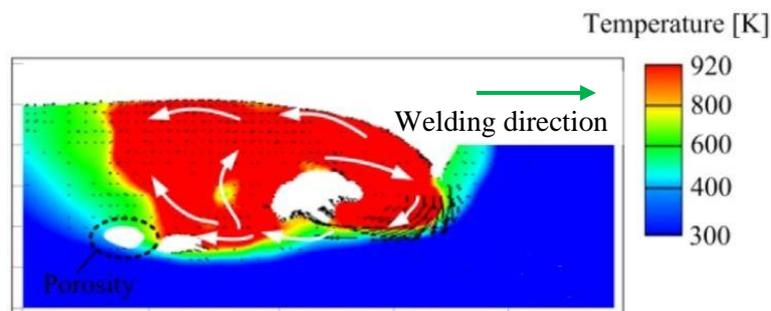


Gambar 4.11 Simulasi terjadinya cacat porositas bagian 4 (Xu, 2019)

Ada dua kemungkinan yang terjadi pada rongga kosong yang terjebak dalam *molten pool*. Kemungkinan pertama rongga kosong akan terangkat ke arah permukaan las atau yang disebut *escaping position*, hal ini diakibatkan karena *capillary pressure* dan gaya grafitasi, pola keluarnya rongga kosong dapat dilihat dalam gambar 4.12. Penetrasi yang baik adalah ketika *molten pool* tidak memiliki viskositas yang terlalu rendah karena dapat menembus bagian bawah celah las dan tidak memiliki viskositas yang tinggi karena dapat lebih cepat mengeras dan rongga kosong menjadi sukar untuk terangkat ke permukaan. Penetrasi yang baik mengakibatkan *molten pool* yang fasanya masih cair mengalir ke tempat yang rendah dan menekan ke segala arah, sehingga rongga kosong akan terangkat ke atas permukaan (Gambar 4.12).



Gambar 4.12 Diagram skematis pengeluaran gelembung porositas. (Yi, 2016)



Gambar 4.13 Simulasi terjadinya cacat porositas bagian 5 (Xu, 2019)

Kemungkinan kedua adalah rongga kosong akan terjebak didalam *molten pool* yang fasanya mulai mengeras, pada gambar 4.12 Menunjukkan posisi rongga kosong berada didaerah biru dan hijau yang menunjukkan pada daerah tersebut temperatur sudah menurun dan fasa *molten pool* sudah berubah menjadi padat. Sehingga tidak bisa terangkat ke permukaan dan menyebabkan terjadinya cacat porositas.

Cacat porositas yang terjadi pada ke tiga jenis spimen diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti tidak sesuainya besaran arus yang digunakan dengan jenis elektroda. Elektroda yang digunakan dalam pengelasan ini menggunakan jenis elektroda *wolfram-thorium* dengan diameter 2,4 mm. Dalam tabel 2.7 tentang kesesuaian besaran arus pengelasan dengan diameter elektroda, menunjukkan untuk penggunaan elektroda *wolfram-thorium* dengan diameter 2,4 mm menggunakan arus 140-250 A, sedangkan dalam proses pengelasan spesimen hanya menggunakan kuat arus sebesar 85 A, 90 A, 95 A dan mode oprasi arus DCRP atau polaritas balik. Mode oprasi arus DCRP sangat baik dalam *cleaning action* tapi kurang baik dalam segi penetrasi. Kurangnya besaran arus dalam proses pengelasan menyebabkan kurangnya penetrasi yang dihasilkan, semakin sedikitnya campuran logam induk yang mencair sehingga terjadinya cacat porositas.

Penetrasi dan pencairan logam induk erat kaitannya dengan besaran gas pelindung yang digunakan dalam pengelasan TIG. Pada proses pengelasan menggunakan gas pelindung argon dengan aliran gas sebesar 15 l/min. Pada tabel 2.9 mengenai kesesuaian tebal plat, diameter elektroda dan jenis gas pelindung,

dapat dilihat untuk tebal plat 3,2 mm (mendekati 3 mm) untuk diameter elektroda 2,4 mm dan jenis gas pelindung Argon digunakan besaran aliran arus 4,7-7,8 l/min.

Dengan kata lain, proses pengelasan menggunakan aliran gas pelindung yang melebihi dari yang telah ditentukan. Terlalu besarnya aliran gas pelindung pada proses pengelasan akan mengakibatkan terjadinya turbulensi pada *molten pool* yang akan menyebabkan terbentuknya *keyhole*, dan lairan gas yang terlalu besar dapat menyebabkan udara di sekitar gas pelindung teraspirasi ke dalam aliran gas pelindung.

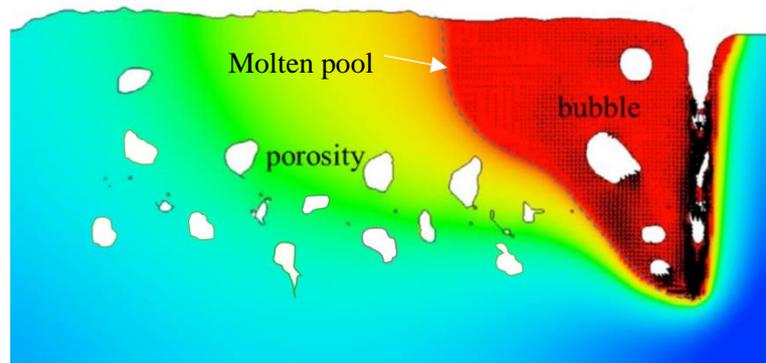
Selain itu terlalu besarnya lairan arus gas pelindung akan mengakibatkan pembuangan kalor pada las semakin cepat, sehingga pengerasan logam las semakin cepat dan rongga kosong yang masih berada dalam *molten pool* akan terperangkap karena fasanya sudah berubah menjadi padat (Bitharas, dkk 2018).

Penetrasi yang kurang, sedikitnya campuran logam induk karena kurangnya besaran arus dan cepatnya pengerasan logam las dan turbulensi yang dihasilkan karena terlalu besarnya aliran arus gas pelindung merupakan penyebab utama terjadinya cacat porositas pada ke tiga spesimen.

Selain itu, faktor eksternal seperti lembabnya lingkungan, material spesimen, *filler material*, elektroda yang terkontaminasi air, minyak, atau cat. *Nozzle* gas pelindung yang tidak konstan atau rusak dan terjadinya penyumbatan pada aliran gas pelindung juga berpengaruh terhadap terjadinya cacat porositas.

Pada ketiga spesimen terdapat porositas berjenis *clustered*, *linear* dan *distributed*, cacat porositas tersebut dapat terjadi karena hal-hal sebagai berikut:

- *Clustered porosity*



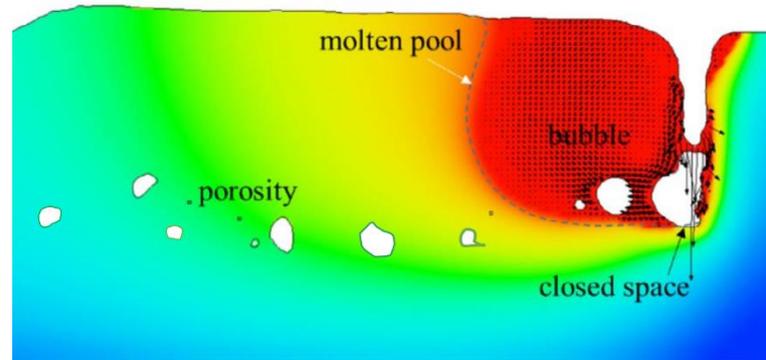
Gambar 4.14 Terbentuknya *clustered porosity* (Lu, 2015)

Clustered porosity adalah jenis cacat porositas yang berkumpul tidak berpola (kearah horizontal maupun vertikal) dan bentuk porositasnya cenderung bulat dan tidak menentu. *Clustered porosity* terjadi pada ketiga spesimen disebabkan karena tidak optimalnya gas pelindung, kurangnya penetrasi, pendinginan yang tidak merata akibat adanya *dragged molten pool* yang menyebabkan bentuk *clustered porosity* tidak menentu (Lu, 2015).

Terkontaminasinya *filler material* dengan kelembaban juga berpengaruh karena kelembaban berubah menjadi gas ketika dipanaskan dan terperangkap dalam lasan. *Molten pool* terbentuknya *clustered porosity* memiliki luas area yang lebih kecil dibandingkan dengan *molten pool* yang terjadi pada *linear porosity* (gambar 4.13), bisa disimpulkan semakin kecil luas *molten pool* berkemungkinan rongga kosong akan lebih banyak terperangkap pada suatu daerah.

Clustered porosity merupakan jenis cacat porositas yang paling tidak diinginkan, karena sebaran posisi porositas yang berdekatan dalam satu daerah las yang kecil. Hal ini akan menurunkan sifat mekanis las yang sangat signifikan.

- *Linear porosity*

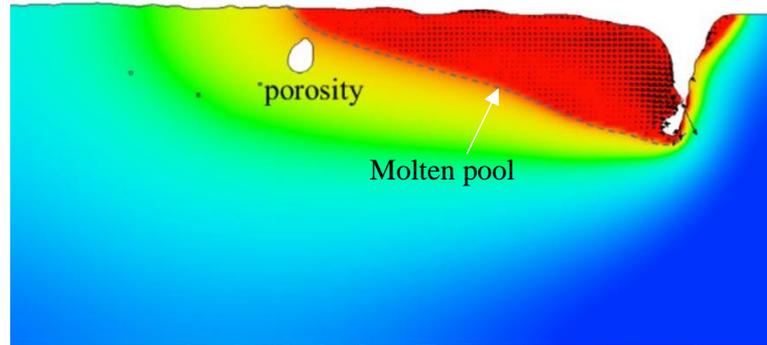


Gambar 4.15 Terbentuknya *linear porosity* (Lu, 2015)

Linear porosity merupakan beberapa cacat porositas yang berbaris sejajar dengan panjang las. Terkadang ada juga bentuk *linear porosity* yang antara gelembung bergabung dengan gelembung lainnya, yang mengakibatkan porositas memanjang seperti pada gambar 4.15. Proses terbentuknya *linear porosity* dan *clustered porosity* hampir sama, tetapi yang membedakan adalah area *molten pool* pada saat terbentuknya *linear porosity* lebih luas, sehingga rongga kosong yang terjebak semakin sedikit dibandingkan *clustered porosity* (Lu, 2015).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penetrasi las dan campuran logam induk yang terjadi pada spesimen dengan *linear porosity* lebih baik dibandingkan penetrasi pada dan campuran logam induk yang terjadi pada cacat *distributed porosity*.

- *Distributed porosity*



Gambar 4.16 terbentuknya cacat *distributed porosity*. (Lu, 2015)

Distributed porosity merupakan jenis cacat porositas tunggal yang posisinya acak atau tidak menentu dan posisinya dekat dengan permukaan las. Bentuk *molten pool* yang terjadi pada *distributed porosity* cenderung memanjang dan lebih dangkal yang mengakibatkan *distributed porosity* berada dekat dengan permukaan.

Dapat disimpulkan spesimen dengan cacat *clustered porosity* membentuk *molten pool* yang memanjang dan dangkal. Pendinginan *molten pool* lebih lama dibandingkan dengan jenis cacat *clustered*, dan *linear*. *Distributed porosity* disebabkan karena kurang maksimalnya gas pelindung dan penetrasi dan campuran logam induk yang tidak maksimal.

1.2 Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dengan acuan referensi ASTM E8-09 ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan luluh dan tarik dari hasil pengelasan. Hasil dari pengujian tarik ini menghasilkan grafik yang menunjukkan kekuatan tarik maksimal dari spesimen yang dilambangkan (σ_{max}) dan nilai kekuatan luluh (σ_y).

Hasil uji tarik yang dilakukan dapat diketahui nilai kekuatan tarik maksimal dan nilai kekuatan luluh dari ketiga spesimen yang diuji. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Nilai kekuatan tarik spesimen 85 A

Spesimen 85 A	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (Kg)	Kekuatan tarik (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	15,07	3,9	591,49	98,68
Tidak lolos radiografi 2	14,94	3,79	745,41	129,1
Lolos radiografi 1	15,02	3,38	1177,77	227,51
Lolos radiografi 2	15,07	3,58	1412,31	256,72
Rata-rata				178

Tabel 4.4 Nilai kekuatan luluh spesimen 85 A

Spesimen 85 A	Nilai titik luluh	Nilai titik tarik	Pmax (KN)	Kekuatan luluh (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	20	24,5	5,8	80,47
Tidak lolos radiografi 2	24	31	5,65	94,78
Lolos radiografi 1	36	48	8,66	170,58
Lolos radiografi 2	45	58	10,74	199,07
Rata-rata				137

Tabel 4.5 Nilai kekuatan tarik spesimen 90 A

Spesimen 90 A	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (Kg)	Kekuatan tarik (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	15,04	3,74	555,75	96,89
Tidak lolos radiografi 2	14,97	3,76	756,63	131,82
Lolos radiografi 1	15,08	3,95	1407,21	231,68
Lolos radiografi 2	15,13	3,85	1418,42	238,8
Rata-rata				174,79

Tabel 4.6 Nilai kekuatan luluh spesimen 90 A

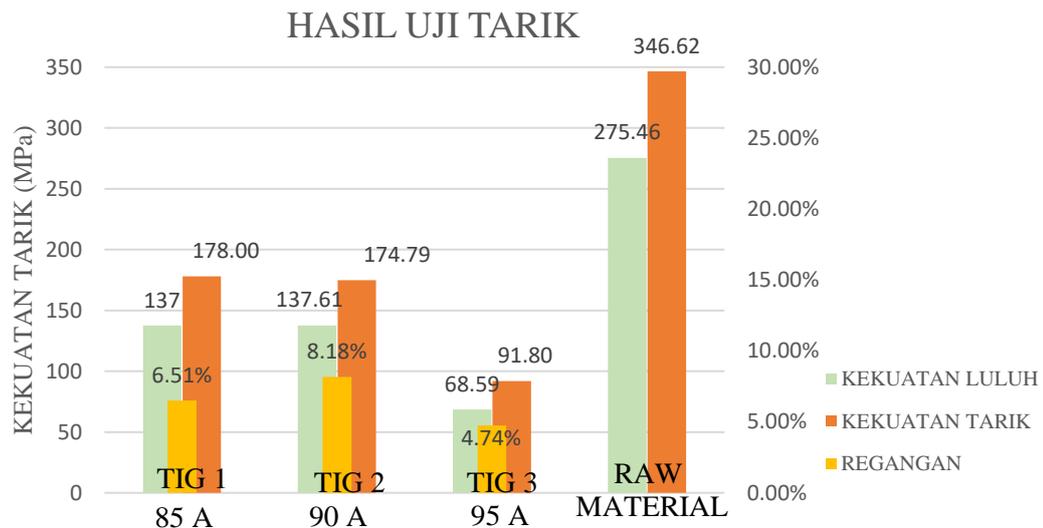
Spesimen 90 A	Nilai titik luluh	Nilai titik tarik	Pmax (KN)	Kekuatan luluh (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	17	23	4,02	71,46
Tidak lolos radiografi 2	23	31	5,5	97,71
Lolos radiografi 1	46	58	10,92	183,66
Lolos radiografi 2	48	58	11,51	197,59
Rata-rata				137,61

Tabel 4.7 Nilai kekuatan tarik spesimen 85 A

Spesimen 95 A	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Beban (Kg)	Kekuatan tarik (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	15,36	3,71	501,7	86,36
Tidak lolos radiografi 2	15,22	3,58	523,11	94,15
Lolos radiografi 1	15,02	3,4	323,25	62,07
Lolos radiografi 2	15,38	4,11	803,54	124,66
Rata-rata				91,80

Tabel 4.8 Nilai kekuatan luluh spesimen 90 A

Spesimen 95 A	Nilai titik luluh	Nilai titik tarik	Pmax (KN)	Kekuatan luluh (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	17	23	4,02	71,46
Tidak lolos radiografi 2	23	31	5,5	97,71
Lolos radiografi 1	46	58	10,92	183,66
Lolos radiografi 2	48	58	11,51	197,59
Rata-rata				137,61



Gambar 4.17 Grafik hasil uji tarik

Dari data diatas dapat diketahui spesimen TIG 1 dengan kuat arus 85 A memiliki nilai kekuatan luluh sebesar 178 MPa, kekuatan tarik sebesar 137,48 MPa dan nilai regangan 6,51%.

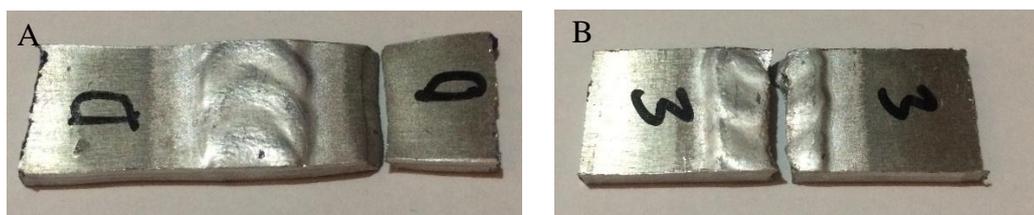
Spesimen TIG 2 dengan arus 90 A memiliki nilai kekuatan luluh sebesar 174,79 MPa, kekuatan luluh 137,61 MPa, dan nilai regangan 8,18%. Spesimen TIG 3 dengan arus 95 A memiliki nilai kekuatan luluh sebesar 98,1 MPa, kekuatan tarik 68,59 MPa, dan nilai regangan 4,74%.

Dari gambar 4.17 Grafik hasil uji tarik menunjukkan hasil kekuatan luluh tertinggi dimiliki spesimen TIG 1 dengan arus 85 A dengan nilai 178 MPa, sedangkan untuk kekuatan tarik dan regangan dimiliki spesimen TIG 2 arus 90 A, dengan nilai 137,61 MPa dan nilai regangan 8,18%.

Kusuma, dkk (2017) melakukan pengujian tarik spesimen las TIG pada material 5083, hasil pengujian memiliki kekuatan tarik sebesar 196,48 MPa, menunjukkan adanya penurunan nilai kekuatan tarik sebesar 24,57%. Nilai kekuatan *raw material* sebesar 275,46 MPa untuk nilai luluh dan sebesar 346,62 untuk nilai kekuatan tarik maksimal (Mudjijana dkk, 2017). Perbandingan nilai tarik hasil las dengan *raw material* menunjukkan adanya penurunan nilai tarik sebesar 46,2%. Dapat disimpulkan bahwa cacat porositas pada las sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik.

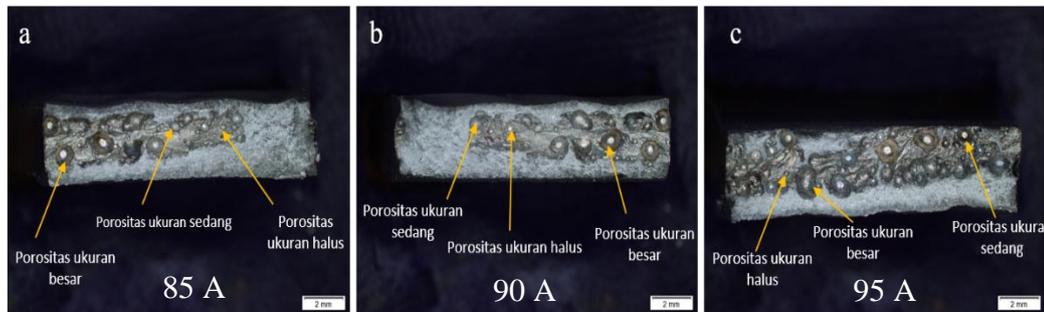
Patahan yang terjadi pada proses uji tarik pada spesimen yang lolos uji radiografi TIG 1, TIG 2, dan TIG 3 terjadi pada bagian *base metal*. Sedangkan patahan yang terjadi pada spesimen yang tidak lolos uji radiografi TIG 1, TIG 2, dan TIG 3 berada pada *weld metal*. Dari hasil patahan yang terjadi dapat disimpulkan bahwa spesimen yang memiliki patahan pada bagian *weld metal* memiliki nilai kekuatan luluh, kekuatan tarik dan regangan yang rendah, hal ini diakibatkan adanya cacat porositas pada bagian *weld metal*.

Patahan yang terjadi akibat uji tarik berada pada bagian dengan kekuatan paling rendah diantara bagian lainnya. Hal itu menandakan kekuatan pada bagian las lebih kuat dibandingkan pada bagian *base metal*, sehingga patahan terjadi pada bagian *base metal* Gambar patahan pada daerah *base metal* dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Patahan hasil pengujian tarik: (A) Patahan pada bagian *base metal* (B) Patahan pada bagian *weld metal*.

1.3 Hasil Uji Makro



Gambar 4.19 Hasil uji makro spesimen

Berdasarkan hasil pengamatan makro pada spesimen diatas setelah mengalami proses pengujian tarik. Dari hasil pengujian makro menunjukkan semua spesimen memiliki cacat berjenis *clustered porosity*, dapat disimpulkan bahwa pengujian radiografi saja kurang efektif untuk menentukan jenis dan jumlah porositas, karena hasil radiografi hanya bisa memvisualisasikan spesimen las bagian spesimen yang ditembakkan sinar-X, sehingga jika ada porositas bertumpuk menutupi porositas lainnya, tidak bisa tervisualisasikan pada hasil radiografi.

Bagian spesimen dengan variasi arus 85 A memiliki kekuatan tarik yang paling tinggi seperti yang ditampilkan pada (Gambar 4.17), hal ini dapat terjadi dimana hasil pengamatan struktur makro yang terlihat bahwa pada arus 85 A porositas relatif lebih sedikit dibanding spesimen lainnya. Selain itu, pada spesimen dengan arus 95 A yang memiliki nilai kekuatan tarik terendah, bahwa hal tersebut disebabkan karena cacat porositas yang dimiliki oleh spesimen lebih banyak dan ukurannya lebih besar.

1.4 Hasil Uji *Bending*

Pengujian beding dilakukan ununtuk mengetagui nilaki kekuatan *bending* yang dapat di terima oleh spesimen uji. Pengujian *bending* dibuat berdasarkan ketentuan standar ASTM 190 dengan dimensi ukuran panjang = 100, lebar = 12,7 mm, Tebal = 3mm dengan jarak tumpuan 50 mm. Uji *bending* dilakukan dengan jenis *face bending* atau pengujian arah *bending* diberikan dari permukaan las. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.9 Nilai kekuatan tarik spesimen 85 A

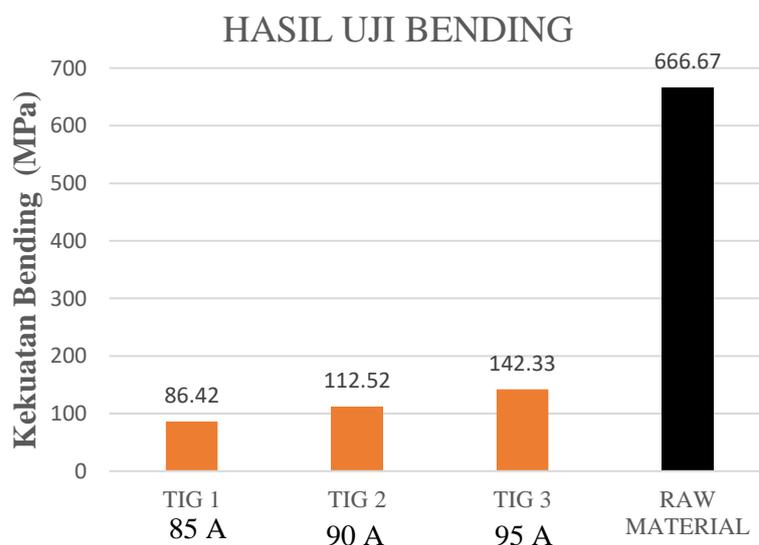
Spesimen 85 A	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)	Beban (Kg)	Kekuatan bending (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	12,76	4,4	28.5	42,82	72,68
Tidak lolos radiografi 2	12,66	4,14	28.5	21,41	41,31
Lolos radiografi 1	12,43	5,34	28.5	66,28	78,4
Lolos radiografi 2	12,72	2,81	28.5	36,7	153,23
Rata-rata					86,42

Tabel 4.10 Nilai kekuatan tarik spesimen 90 A

Spesimen 90 A	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)	Beban (Kg)	Kekuatan bending (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	12,62	4,15	28.5	17,33	33,44
Tidak lolos radiografi 2	12,44	4,39	28.5	33,65	48,84
Lolos radiografi 1	12,76	5,91	28.5	84,63	181,89
Lolos radiografi 2	12,57	4,03	28.5	85,65	175,9
Rata-rata					112,52

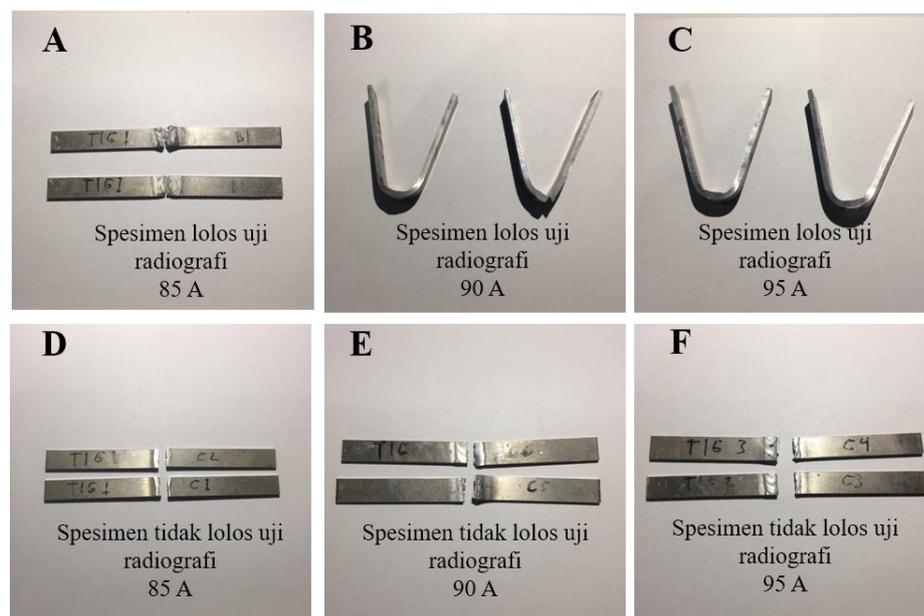
Tabel 4.11 Nilai kekuatan tarik spesimen 95 A

Spesimen 95 A	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)	Beban (Kg)	Kekuatan bending (MPa)
Tidak lolos radiografi 1	13,92	3,71	28.5	87,69	191,89
Tidak lolos radiografi 2	14,14	3,63	28.5	37,72	84,89
Lolos radiografi 1	14,54	4,1	28.5	73,41	125,93
Lolos radiografi 2	14,62	3,93	28.5	89,73	166,6
Rata-rata					142,33

Gambar 4.20 Grafik hasil uji *bending*

Pada grafik diatas dapat dilihat kekuatan *bending* dengan nilai paling tinggi adalah spesimen TIG 3 dengan arus 95 A sebesar 142,33 MPa dan nilai terendah pada spesimen TIG 1 dengan nilai 86,42 MPa. Perbandingan antara spesimen las dengan *raw material* dengan nilai 666,67 Mpa menunjukkan kekuatan *bending* hasil las menunjukkan penurunan kurang lebih sekitar 82,9%. Huda, dkk (2017) melakukan pengujian *bending* pada sambungan las TIG pada material 5083, nilai kekuatan *bending* diperoleh sebesar 343 MPa. Hasil menunjukkan adanya penurunan yang disebabkan porositas pada kekuatan *bending* sebesar 66,83%.

Selanjutnya untuk hasil uji *bending* dengan nilai tertinggi dimiliki oleh spesimen dengan kuat arus 95 A karena dilihat dari tabel uji tarik (gambar 4.20) menunjukkan spesimen arus 95 A memiliki nilai tarik terendah dibandingkan dengan spesimen lainnya, dapat disimpulkan bahwa spesimen arus 95 A memiliki karakteristik material yang lebih getas sehingga menghasilkan nilai uji *bending* yang tinggi akan tetapi nilai uji tarik yang cenderung kecil. Selain itu hasil las dengan arus 95 A menghasilkan hasil las yang cenderung menumpuk pada bagian *base metal* sehingga hasil las cenderung lebih lebar dibandingkan dengan spesimen lainnya, sehingga kekuatan uji *bending* lebih besar.



Gambar 4.21 spesimen setelah pengujian *bending*

Dari hasil spesimen uji *bending* dapat dilihat pada spesimen lolos uji radiografi dengan arus 85 A terjadi patahan pada proses *bending*, sedangkan pada spesimen lolos uji radiografi dengan arus 90 A terdapat retakan disalah satu spesimen. Pada spesimen lolos uji radiografi dengan arus 95 A tidak terjadi patahan atau retakan.

Dari gambar diatas simpulkan bahwa semakin bertambahnya kuat arus yang digunakan pada proses pengelasan TIG maka sambungan las semakin ulet, sedangkan semakin turunnya kuat arus maka sambungan las akan semakin getas. Hal ini didukung dengan perolehan nilai hasil uji bending (gambar 4.18) yang menunjukkan semakin tingginya kuat arus maka nilai kekuatan *bending* semakin naik.

