

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DOSEN JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ANDALAS TAHUN 2017**



PENGARUH PENGAKU TERHADAP PERAMBATAN RETAK

OLEH

**HENDERY DAHLAN, Ph.D (KETUA)
DR. ENG. MEIFAL RUSLI (ANGGOTA)
YUDI DWIANDA (MAHASISWA)
AIDIL HAKIM (MAHASISWA)**

**DIBIYAI OLEH DANA PNPB UNIVERSITAS ANDALAS DENGAN SURAT
KONTRAK PERJANJIAN PELAKSANAAN PENUGASAN KEGIATAN
PENELITIAN DOSEN FAKULTAS TEKNIK
NO.072/UN.16.09.D/PL/2017**

**JURSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2017**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN DOSEN JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ANDALAS TAHUN 2017

Judul Penelitian : Pengaruh Pengaku Terhadap Perambatan Retak

Ketua Peneliti

Nama Lengkap : Hendery Dahlan, PhD

NIDN : 0016057405

Jabatan Fungsional : Lektor

Program Studi : Teknik Mesin

Nomor HP : 081261551540

Alamat surel (e-mail) : henderydahlan@ft.unand.ac.id

Anggota

Nama Lengkap : Dr. Eng. Meifal Rusli

NIDN : 0027057505

Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Program Studi : Teknik Mesin

Jangka Waktu Kegiatan : 6 bulan (Juni s.d. November 2017)

Biaya Keseluruhan : Rp. 7.500.000,-
(Tujuh Juta Lima Ratus Ribu Rupiah)

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Padang, 14 November 2017

Ketua Peneliti



(Dr. Eng. Eka Satria)

NIP. 197606122001121001

(Hendery Dahlan, PhD)

NIP. 197405161999031001

ABSTRAK

Salah satu penyebab retak muncul di struktur biasanya berawal dari titik-titik pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang tinggi. Jika pembebanan terus dilakukan maka retak akan terus tumbuh sehingga menyebabkan terjadinya kegagalan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang efektif untuk menahan pertumbuhan retak sebelum kegagalan terjadi. Pada saat ini prosedur yang sering dilakukan di lapangan adalah dengan melakukan proses pengelasan pada daerah retakan, tetapi proses ini tidak memberikan solusi yang efektif karena akan terjadi retakan kembali di daerah yang sama jika kualitas lasan tidak baik. Oleh sebab itu perlu dilakukan mekanisme tambahan untuk mencegah retak terjadi kembali, yaitu dengan memberikan pengaku pada daerah retakan yang sudah dilas. Penahan atau pengaku mempunyai fungsi untuk mengurangi konsentrasi tegangan pada ujung retak sehingga dapat menghambat penjarangan retak sehingga retak yang terjadi tidak meluas dan merusak struktur. Pada penelitian ini akan dilakukan kajian secara eksperimental pengaruh lasan, dimensi pengaku dan jumlah pengaku terhadap beban kritis sebelum retak menjalar. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa jumlah pengaku yang diberikan sangat mempengaruhi laju perambatan retak dimana penggunaan pengaku dua sisi sangat efektif dalam menghambat laju rambatan retak, dimensi pengaku mempengaruhi penghambatan penjarangan retak dimana semakin besar dimensi pengaku maka rata-rata beban kritis yang dibutuhkan untuk retak mulai menjalar semakin besar. Sementara itu metode lasan pada retak dapat menghambat penjarangan retak meskipun kurang efektif.

PRAKATA

Puji syukur diucapkan kepada Allah SWT atas rahmat dan kurnia-Nya penelitian yang berjudul “Pengaruh Pengaku Terhadap Perambatan Retak” telah selesai dilakukan. Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih banyak kepada Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas atas pemberian dana penelitian ini berdasarkan surat kontrak perjanjian pelaksanaan penugasan kegiatan penelitian dosen fakultas teknik No.072/UN.16.09.D/PL/2017.

Demikianlah prakata ini disampaikan, peneliti menyadari bahwa dengan segala permasalahan yang dihadapi selama penelitian ini dilakukan maka penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu peneliti berharap ketidaksempurnaan tersebut dapat dilengkapi pada penelitian lanjutan di masa mendatang.

Padang, November 2017

Peneliti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI	iv
1. PENDAHULUAN	1
2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN	5
3. METODE PENELITIAN.....	11
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak kegagalan komponen mesin atau struktur di lapangan disebabkan oleh sebuah retak. Retak ini dapat disebabkan oleh cacat pada proses pembuatan, daerah-daerah yang memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi akibat dari bentuk geometri sehingga pada saat komponen mesin atau struktur beroperasi (*in service*) dapat menyebabkan retak muncul.

Komponen mesin atau struktur yang memiliki retak akan mengalami pengurangan kekuatan pada saat beroperasi. Oleh karena itu jika pada komponen mesin atau struktur tersebut memiliki retak, maka perlu dilakukan proses penggantian komponen tersebut tetapi sebelum dilakukan penggantian komponen tersebut perlu dilakukan pencegahan agar retak tersebut tidak menjalar yang nantinya akan menyebabkan kerusakan pada komponen mesin atau struktur sehingga proses produksi dapat terganggu atau bahkan terhenti.

Perkembangan penelitian tentang rambatan retak, mengalami kemajuan yang signifikan. Salah satu penelitian tentang penghambat pertumbuhan retak dilakukan oleh Murdani dan kawan-kawan [1]. Murdani mengemukakan sebuah teknik baru untuk menahan laju perambatan retak pada *stop-drilled holes (SDH)* dengan membuat beberapa lubang di sekitar *stop hole* pada bahan *aluminium alloy*. Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa adanya lubang di sekitar stop holes mengurangi konsentrasi tegangan. Jarak dan besar lubang juga mempengaruhi besarnya pengurangan konsentrasi tegangan disudut stop holes [1].

Penelitian lain tentang metode teknis untuk menghambat pertumbuhan retak lebih lanjut adalah dengan menggunakan lubang yang dibuat di sekitar ujung retakan (*the crack tips*) [2]. Pada sebagian lubang tersebut dimasukkan pin. Ditemukan bahwa lubang dan pin yang dimasukkan tersebut dapat memperpanjang waktu pertumbuhan retak. Lubang dan pin juga dapat mengubah arah pejalaran retak sehingga dapat mencegah bertemunya retak. Ditemukan juga bahwa tegangan sisa kompresif yang timbul akibat dimasukkannya pin lebih efektif menghambat pertumbuhan retak dari pada mengurangi konsentrasi tegangan disekeliling ujung retakan dengan cara membuat lubang [2].

Walaupun cukup banyak studi tentang jenis-jenis perbaikan yang dapat dilakukan terhadap retakan seperti yang diulas oleh Mazarni et.al. [3], namun tidak semua cara dapat dilakukan

pada setiap kasus. Efektifitas dari jenis perbaikan terhadap retakan perlu diperhatikan, seperti yang didiskusikan Macabe pada risetnya [4].

Pada aplikasi di lapangan, tambalan (*patches*) dapat digunakan untuk memperbaiki bagian pesawat dan jembatan. Namun pada daerah kerja yang sempit metode ini atau metode lain seperti penjahitan (*stitching*) tidak efektif digunakan. Pada kondisi seperti ini Macabe mengusulkan penggunaan metode lubang-hambat (*stop-hole*) dan pengaku (*arrester*). Disimpulkan bahwa penggunaan lubang-hambat saja tanpa memasukkan pin atau baut tidak efektif untuk menghambat penjalaran retak. Sementara itu jika pengaku digunakan, jumlah *stress cycles* terhadap timbulnya retak dan penjalaran retak dapat meningkat dibandingkan dengan tanpa pengaku [4].

Metode yang paling umum yang digunakan untuk mencegah pertumbuhan retak adalah dengan membuat lubang hambat di ujung retak [5]. Dengan metode ini ujung retak menjadi tumpul dan konsentrasi tegangan diujung retak tersebut menjadi berkurang. Berdasarkan Dua-parameter mekanika retak (*two-parameter fracture mechanics*) diusulkan sebuah indeks, DRI (*Drilling Repair Index*), untuk mengevaluasi efisiensi dari metode lubang-hambat (*stop hole*) [5]. Kriteria dua-parameter mekanika retak telah dikemukakan untuk memprediksi kondisi retakan pada komponen. Kriteria ini terdiri dari faktor intensitas tegangan kritis takik, $K_{p,c}$ yang menggambarkan ketangguhan retak (*fracture toughness*) dari material dan efektif *T-stress*. Efektif *T-stress*, T_{ef} , merupakan nilai rata-rata dari distribusi tegangan di sekitar takikan [11].

Metode lubang-hambat dan pengaku ini juga pernah diuji penerapannya pada komponen dengan pengelasan [6]. Metode tersebut digunakan karena metode perbaikan dengan pengelasan tidak dapat digunakan karena metode ini menimbulkan Tegangan sisa (*residual stress*). Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa *fatigue life* akan bertambah jika pengaku dipasang pada bagian flat dari komponen yang berlawanan dengan posisi lasan. Ketika daerah yang bersentuhan dari pengaku dengan permukaan komponen lebih lebar dan perpindahan retak (*crack displacement*) dibuat lebih kecil maka *fatigue life* akan lebih panjang [6].

1.2 Perumusan Permasalahan

Proses penghambatan retak sangat tergantung pada kasus kasus retakan yang terjadi pada komponen komponen mesin dan struktur. Tidak semua metodologi penghambatan retak dapat digunakan untuk semua kasus yang terjadi. Untuk keretakan yang terjadi pada pipa pipa yang

didalamnya ada tekanan tinggi atau ada fluida yang mengalir, proses penghambatan retak dengan membuat lubang pada ujung retak tidak dapat digunakan. Pada saat ini prosedur yang sering dilakukan di lapangan adalah dengan melakukan proses pengelasan pada daerah retakan, tetapi proses ini tidak memberikan solusi yang efektif karena akan terjadi retakan kembali di daerah yang sama. Oleh sebab itu perlu dilakukan mekanisme tambahan untuk mencegah retak terjadi kembali, yaitu dengan memberikan pengaku pada daerah retakan yang sudah dilas. Penahan atau pengaku mempunyai fungsi untuk mengurangi konsentrasi tegangan pada ujung retak sehingga dapat menghambat penjalaran retak sehingga retak yang terjadi tidak meluas dan merusak struktur.

Untuk permasalahan ini dilakukan pengujian dengan menggunakan spesimen uji yang dibuat dari bahan baja pelat hitam, *steel plate mild* ASTM A36.

1.3 Tujuan

Secara umum retak mulai menjalar jika beban yang diberikan telah mencapai beban kritis yang mampu di tahan oleh sebuah struktur, oleh karena itu tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Menghitung nilai pembebanan kritis untuk beberapa variasi model penghambat retak.
2. Mengetahui pengaruh dimensi pengaku dalam penjalaran retak.
3. Mengetahui jumlah pengaku yang paling efektif dalam mencegah perambatan retak.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Diasumsikan keretakan yang terjadi hanya dengan modus I (*Opening mode*)
2. Pengujian yang dilakukan hanya uji tarik.
3. Dimensi spesimen tidak mengikuti standard ASTM karena tidak menghitung mekanikal properties sebuah material.
4. Material pengaku sama dengan material spesimen yaitu baja pelat hitam, *steel plate mild* ASTM A36.
5. Pengelasan dilakukan dengan metode pengelasan SMAW menggunakan listrik arus DC dengan elektroda RD 260

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini, manfaat yang diharapkan adalah prosedur penghambatan retak yang dikembangkan ini dapat dipergunakan pada komponen mesin atau struktur di lapangan atau industri, sehingga keretakan yang terjadi pada komponen mesin atau struktur tidak mengganggu proses produksi di industri.

2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Konsep retakan dalam perancangan struktur

Pada perkembangan aplikasi *engineering design* selalu menghadapi permasalahan material, dengan meningkatnya kemampuan pengerjaan logam, aplikasi bahan logam pada struktur meningkat dengan cepat. Pemakaian bahan logam pada struktur tidak selalu memuaskan karena kegagalan yang tidak terduga sering muncul.

Pada abad ke-19, penggunaan bahan logam yang sangat luas menyebabkan sejumlah kecelakaan. Beberapa dari kecelakaan ini disebabkan oleh perancangan yang buruk, tapi lambat laun ditemukan bahwa cacat material dalam proses pembentukan awal dapat memunculkan retak dan patah [7]. Pada kesempatan lain kegagalan sering terjadi pada kondisi pembebanan yang rendah, sehingga dilakukan penelitian yang lebih luas. Pada penelitian tersebut ditemukan bahwa konsentrasi tegangan yang tinggi adalah penyebab dari kegagalan.

Pada daerah konsentrasi tegangan yang tinggi dapat menyebabkan munculnya retak dan jika tidak mendapatkan perhatian yang baik retak tersebut dapat menjalar dan akan menyebabkan kegagalan pada struktur. Oleh karena itu dalam perancangan struktur, mekanika keretakan (*fracture mechanics*) ikut menjadi perhatian.

Teknik mekanika keretakan dapat memberikan penyempurnaan dalam metodologi untuk konsep desain konvensional. Kriteria desain konvensional biasanya berdasarkan kekuatan tarik, kekuatan *yield* dan tegangan *buckling*. Kriteria ini sudah cukup untuk banyak bidang rekayasa, tetapi tidak mencukupi ketika retak diperhitungkan. Sekarang setelah hampir dua dekade pengembangan, mekanika keretakan menjadi alat desain yang berguna pada material berkekuatan tinggi.

Pada banyak kasus kegagalan (*fracture*) yg disebabkan oleh kelelahan (*fatigue*), periode penjaran retak mulai dari munculnya retak sampai dengan kegagalan berlangsung cukup lama [8]. Maka retak dapat ditekan dengan mudah melalui inspeksi berkala dan perlakuan dapat dilaksanakan sebagai berikut

- (a) Membongkar sistem dan mengganti komponen yg retak atau seluruh struktur
- (b) Mengurangi beban luar dan dilanjutkan dengan kontrol ketat pertumbuhan retak
- (c) Menghambat, menghentikan atau menghilangkan retak.

Perbaikan konvensional yang melibatkan penggantian menyeluruh memakan banyak waktu dan biaya yang besar, sementara pengurangan beban kerja pada komponen yang mengalami keretakan sebahagian besar tidak dapat dilakukan, maka diperlukan suatu metode penahanan penjalaran retak yang cepat dan sederhana merupakan solusi yang terbaik. Sementara itu metode perbaikan yang terbaik hanya digunakan pada kasus tertentu[8].

2.2. Metode Penghambatan Penjalaran Retak

Perbaikan yang dilakukan dengan cara menghambat atau menghentikan atau menghilangkan retakan yang ada perlu memperhitungkan banyak kondisi salah satunya adalah modulus keretakan yang dominan. Dexter mendefinisikan patah sebagai keruntuhan tegangan atau perluasan cepat dari sebuah retakan yang menjadi deformasi, kehilangan fungsi atau *service ability* atau pemisahan komponen [3].

Secara garis besar ada tiga modulus retak seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.1, yaitu:

1. Modus I (*Opening Mode*)

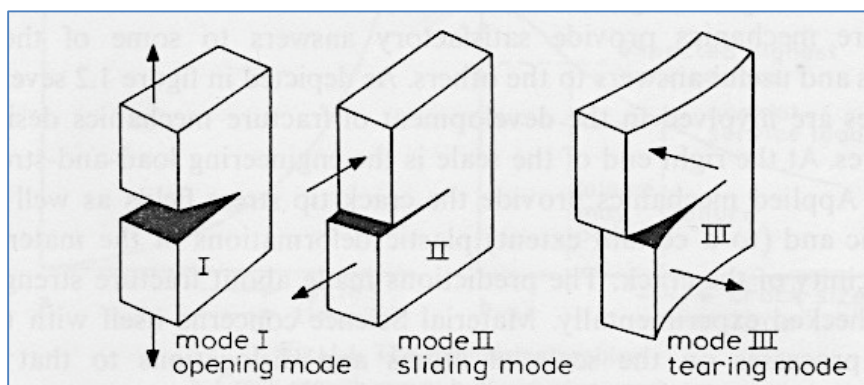
Perpindahan dari permukaan retak adalah tegak lurus dengan bidang retak,

2. Modus II (*Sliding Mode*)

Perpindahan dari permukaan retak adalah pada bidang retak dan tegak lurus terhadap sudut awal retak.

3. Modus III (*Tearing Mode*)

Perpindahan permukaan retak adalah pada bidang retak dan parallel terhadap ujung awal retak.



Gambar 2.1 Tiga modulus retak

Kombinasi dari ketiga modulus menggambarkan kasus-kasus umum dari retak, namun secara teknis modulus I (*Opening Mode*), adalah yang paling penting.

Ketika retak kritis terdeteksi pada komponen mekanik atau struktur, beberapa metode digunakan untuk menahan atau menghentikan pertumbuhan atau penjaralan retak lebih lanjut. Pilihan satu atau kombinasi teknik perbaikan yang akan digunakan tergantung pada banyak faktor, seperti kondisi retakan, posisi retak, orientasi retak, ukuran retak, ketebalan komponen, kepresisian yang diharapkan, tipe material, ketersediaan tool dan pengalaman yang dibutuhkan.

Beberapa teknik perbaikan retak antara lain:

1. *Metal crack stitching*.

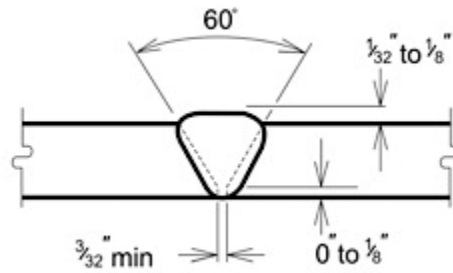
Jahitan logam (*Metal stitching*) disebut juga *metalocking* merupakan metode untuk memperbaiki retak dengan cara membenamkan sederetan kunci-kunci logam (*metalock*) tegak lurus dengan retakan seperti terlihat pada gambar 2.4. Kemudian retakan disegel dan dikakukan menggunakan baut-baut logam (*metalace*). Cara ini menghasilkan kondisi perbaikan yang tertutup rapat dan permukaan yang rata [9]. Menggunakan bahan berkualitas tinggi di sebutkan bahwa cara ini mengembalikan komponen ke kekuatan asalnya.



Gambar 2.2 *Metal crack stitching* [9]

2. *Welding*.

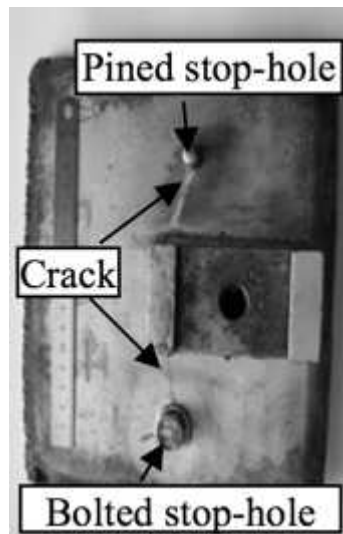
Perbaikan dengan menggunakan teknik pengelasan telah digunakan untuk jenis retak pada logam yang panjang dan tembus. Salah satu teknik perbaikan dengan pengelasan ini adalah teknik Vee-and-Weld [3]. Caranya dengan membuang material sepanjang retakan dengan bentuk V sedalam tiga per empat ketebalan komponen. Alur berbentuk V ini kemudian dilas sehingga terisi sempurna seperti lihat pada gambar 2.5. Teknik lain adalah dengan membuat alur dari kedua sisi retakan. Kemudian kedua alur yang timbal balik ini diisi dengan logam lasan.



Gambar 2.3 Perbaikan retak struktur dengan pengelasan [12]

3. Stop hole

Lubang hambat (*stop hole*) dibuat diujung retak untuk mencegah penjarangan retak [1-5] seperti terlihat pada gambar 2.6. Lubang ini menghilangkan sudut tajam diujung takikan sehingga mengurangi konsentrasi tegangan pada daerah tersebut. Pada lubang hambat, dapat dimasukkan pin atau baut untuk menambah efektifitas lubang hambat. Studi eksperimental tentang lubang hambat tanpa insert atau dengan insert berupa pin atau baut telah banyak dikaji, misalnya oleh Macabe et.al [2,4].



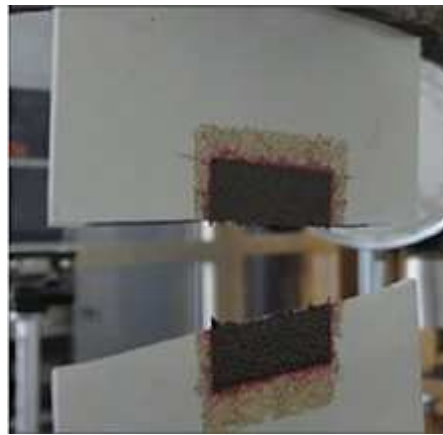
Gambar 2.4 Lubang penghambat retak dengan pin dan baut [4]

Adapun Ayatollahi et.al [10] mengkaji secara numerik (*fatigue life extension*) pada perbaikan retak menggunakan metode lubang hambat pada aluminium alloy 6061-T651. Pada penelitian ini digunakan koding ANSYS Parametric Design Language (APDL) pada kondisi pembebanan moda I dan moda II. Ditemukan secara numeric bahwa semakin besar diameter lubang hambat semakin bertambah (*fatigue life*)

4. *Bonded Crack Patches.*

Perbaikan dengan metode ini menggunakan polimer dengan penguat serat karbon (CFRP) atau sambungan pelat (*splice plates*) [3]. Metode ini memberikan beberapa keuntungan antara lain kecepatan perbaikan, tidak adanya lubang baru atau lasan yang mungkin menyebabkan retak baru, penambahan berat yang sedikit, mengkekalkan dan menyegel daerah sekitar retak [8]. Material tipis polimer serat karbon ditempelkan pada retak menggunakan lem (*epoxy matrix*), kemudian dipanaskan pada suhu dan tekanan tertentu. Jumlah lapisan polimer tipis ini disesuaikan dengan kebutuhan. Posisi penempelan juga dapat dilakukan pada kedua sisi atau satu sisi saja.

Gambar 2.7 adalah salah satu contoh pengujian kemampuan metoda penambalan retak menggunakan penambal komposit



Gambar 2.5 Pengujian kemampuan penambal komposit [13]

5. *Laser Additive Crack Cladding.*

Teknologi Laser aditif (LAT), menggunakan sinar laser untuk melelehkan bubuk pengisi dan permukaan komponen yang retak. Bubuk pengisi akan menyatu dengan permukaan yang diperbaiki saat terjadi pembekuan. Jika dibandingkan dengan metode konvensional, LAT memiliki keunggulan karena daerah HAZ menjadi kecil dan daerah WTZ (*weld dilution zone*) yang melindungi sifat-sifat mekanik dan sifat metalurgi substrat juga kecil.

6. *Grinding*

Gerinda digunakan untuk membuang semua bagian yang ada retak kecil, khususnya retak yang ada diujung flanges atau pelat. Pada penggerindaan akhir disarankan untuk dilakukan secara paralel dengan tegangan siklik yang diterapkan.

7. *Hammer Peening.*

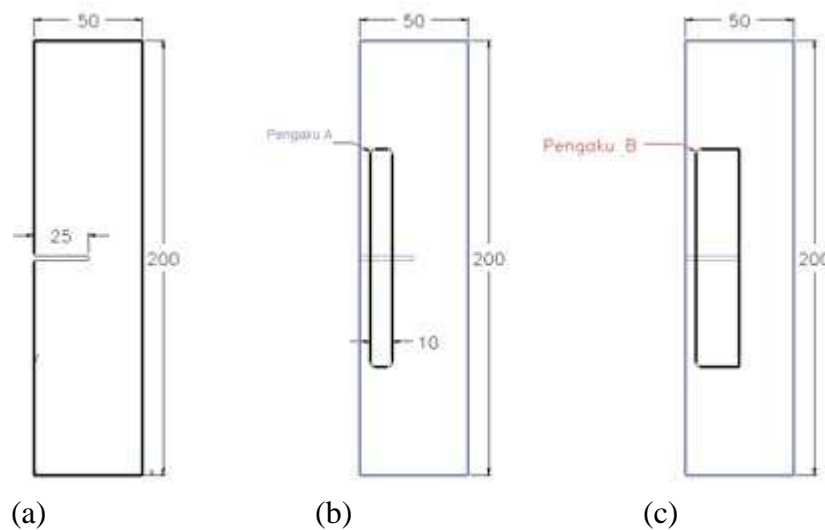
Untuk retak permukaan yang dalamnya kurang dari 3mm, pemukulan dengan palu dapat dilakukan. Ditegaskan juga bahwa penerapan teknik ini pada retak lasan dapat mengembalikan fatigue life ke semula asal.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Spesimen Uji

Bahan spesimen uji adalah pelat logam dengan tebal 3 mm. Pelat ini dibentuk menjadi spesimen dengan ukuran 50 x 200 mm. Ukuran ini diambil dengan referensi dari studi literatur yang telah dilakukan. Spesimen tersebut diberi retakan awal (celah) dengan panjang 25 mm seperti yang terlihat pada gambar 3.1(a).

Dalam rancangan spesimen uji ini, pengaku (*crack arrester*) dibuat dari logam yang sama dengan spesimen dengan ukuran 100x10 mm dan 100x20 mm yang disebut secara berurutan Pengaku-A dan Pengaku-B. Direncanakan pengaku-pengaku ini dipasang pada spesimen menggunakan las seperti yang terlihat pada gambar 3.2(b) dan 3.2(c).



Gambar 3.1 Rancangan spesimen uji, (a) tanpa pengaku, (b) dengan pengaku-A (c) dengan pengaku-B

3.2 Spesimen Uji

Sesuai dengan perancangan ada enam jenis spesimen yang dipersiapkan yaitu:

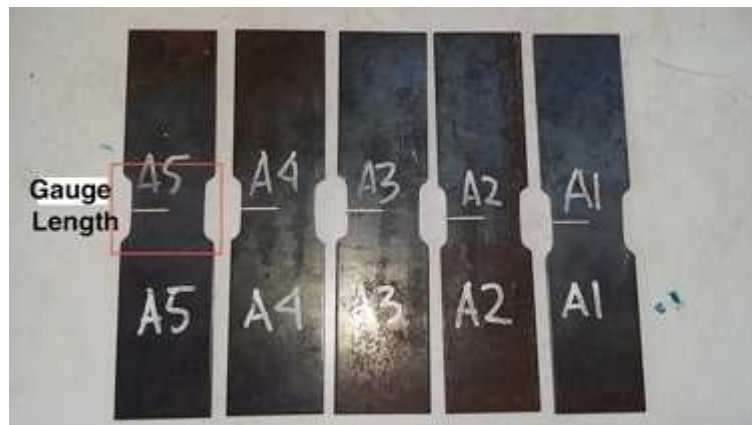
1. Spesimen dengan retak awal tanpa lasan. (Spesimen A)
2. Spesimen dengan retak awal yang dilas pada retak. (Spesimen B)

3. Spesimen dengan retak awal yang dilas pada retak ditambah dengan pengaku-A yang dipasang tegak lurus arah retakan seperti diperlihatkan pada satu sisi bidang spesimen. (Spesimen C)
4. Spesimen dengan retak awal yang dilas pada retak ditambah dengan pengaku-B yang dipasang tegak lurus arah retakan pada satu sisi bidang spesimen. (Spesimen D)
5. Spesimen dengan retak awal yang dilas pada retak ditambah dengan pengaku-A yang dipasang tegak lurus arah retakan pada dua sisi bidang spesimen. (Spesimen E)
6. Spesimen dengan retak awal yang dilas pada retak ditambah dengan pengaku-B yang dipasang tegak lurus arah retakan pada dua sisi bidang spesimen. (Spesimen F)

Masing masing perlakuan dibuat 5 buah spesimen sehingga total spesimen yang harus dipersiapkan adalah 30 buah.

Spesimen A

Spesimen A adalah spesimen dengan retak awal tanpa lasan. Spesimen ini dibuat dari pelat dasar dengan hanya ditambah proses pembuatan '*gauge length*' dengan menggunakan gerinda. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Spesimen A dengan '*gauge length*'

Gauge length adalah pengecilan penampang yang biasa ada pada spesimen terstandar. Kegunaan dari daerah *gauge length* ini adalah untuk memastikan agar kerusakan (*failure/breakage*) yang terjadi pada saat pengujian tarik berada pada daerah *gauge length* ini. Jika spesimen tidak memiliki daerah *gauge length* ini maka ada kemungkinan spesimen putus pada pencekam.

Spesimen B

Spesimen B adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut diperbaiki dengan cara dilas seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Spesimen B

Spesimen C

Spesimen C adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut dilas lalu diberi pengaku-A di satu sisi saja seperti terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Spesimen C

Spesimen D

Spesimen D adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut dilas lalu diberi pengaku-B di satu sisi saja. Proses pembuatannya sama seperti proses pembuatan spesimen B kemudian ditambah dengan pemasangan pengaku pada satu sisi seperti terlihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Spesimen D

Spesimen D ini juga diberi *gauge length* dengan cara digerinda.

Spesimen E

Spesimen E adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut dilas lalu diberi pengaku-A di kedua sisi. Proses pembuatannya sama seperti proses pemuatan spesimen sebelumnya.

Spesimen F

Spesimen F adalah spesimen yang diberi retak awal kemudian retak tersebut dilas lalu diberi pengaku-B di kedua sisi. Proses pembuatannya sama seperti proses pemuatan spesimen sebelumnya.

Selanjutnya dilakukan pengujian tarik yang dilakukan pada keenam jenis spesimen.

3.3 Pengujian

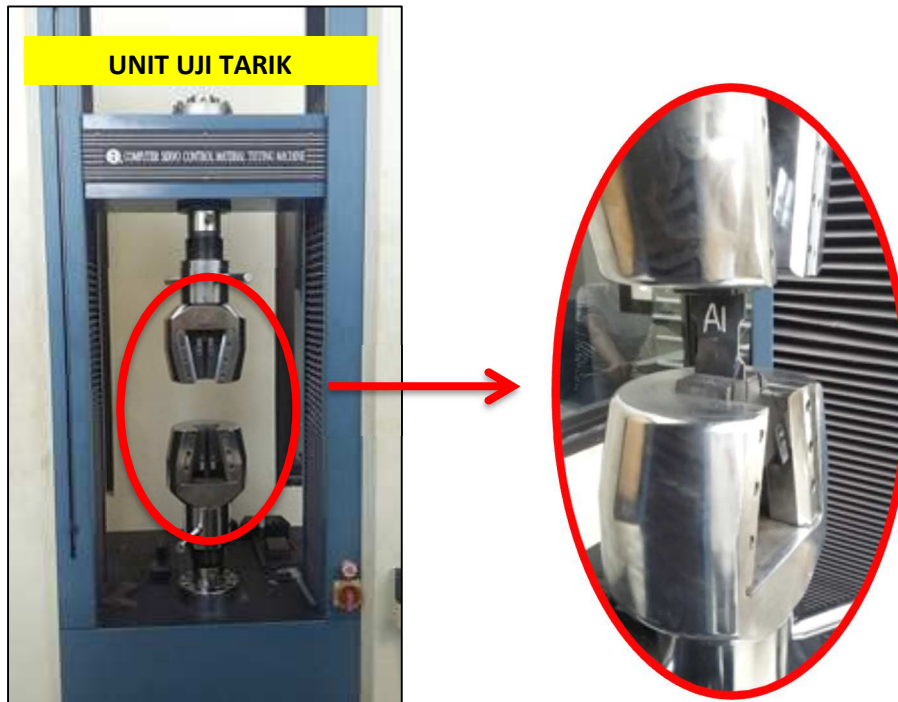
Pengujian yang dilakukan adalah Pengujian tarik. Pengujian ini dilakukan pada mesin uji tarik universal UTM , HungTa HT-8503 yang ada di Laboratorium Politeknik Kampar seperti yang diperlihatkan gambar 3.6.



Gambar 3.6 Computer Servo Control Material Testing Machine

Adapun prosedur pengujiannya sabagai berikut:

1. Spesimen Uji dipasangkan pada penjepit bagian atas terlebih dahulu pada posisi pengecaman yang sudah ditentukan. Kemudian dengan menggunakan kontrol manual posisi pengecaman bagian bawah diatur sehingga posisi spesimen pada unit uji tarik sempurna seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



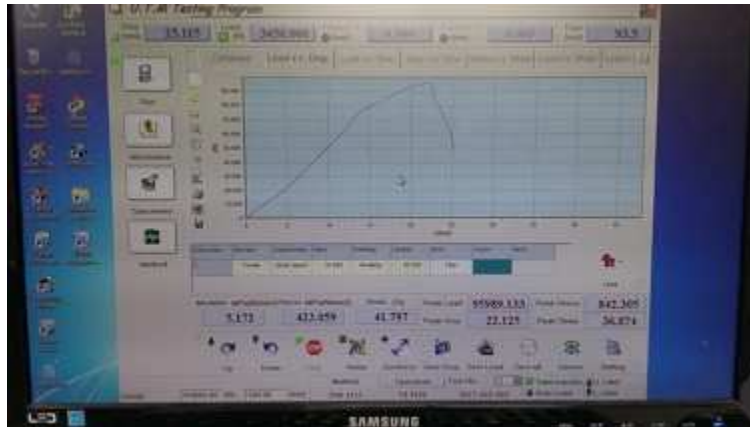
Gambar 3.7 Posisi Pemasangan Spesimen pada Unit Uji

2. Setelah pemasangan spesimen pada unit uji selesai, unit kontrol manual dikunci agar kontrol komputer dapat berjalan.
3. Selanjutnya dipilih program "UTM Program" sehingga muncul tampilan seperti gambar 3.8.



Gambar 3.8 Tampilan layar awal

4. Kemudian data diisikan pada bagian “Information”, “Specimen” dan “Method”
5. Setelah data selesai diisikan maka pengujian dapat dilakukan. Tampilan layar pengujian seperti terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Tampilan layar Testing

Pada pengujian ini diambil beban kritis, yaitu beban maksimum yang dicapai sebelum retak menjalar. Selanjutnya beban kritis ini akan dibandingkan untuk setiap spesimen uji, baik yang tanpa pengaku maupun dengan pengaku.

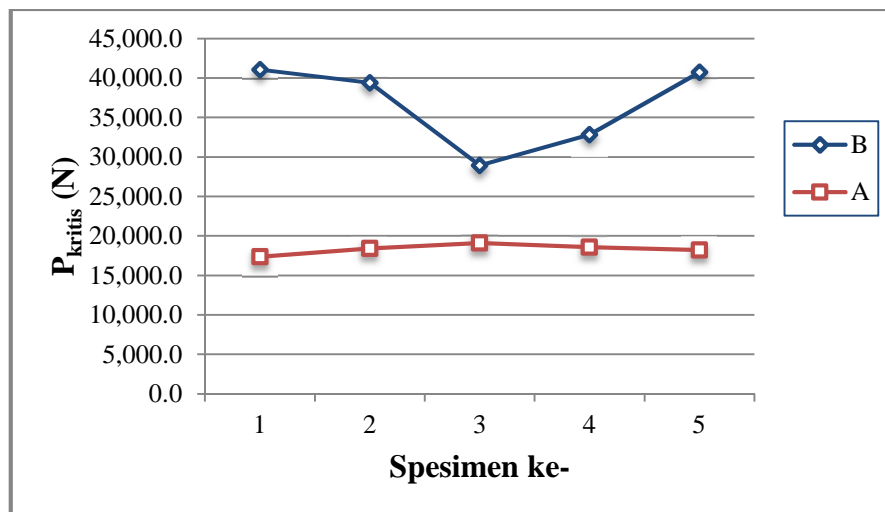
Dari data data pengujian dilakukan pembahasan yaitu melihat kecenderungan yang terjadi pada grafik yang diperoleh dari pengujian, sehingga menuju pada kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diperlihatkan pengaruh penggunaan pengaku untuk menahan pertumbuhan dan penjaralan retak dengan membandingkan beban kritis yang diperoleh dari pengujian antara spesimen yang menggunakan pengaku dengan spesimen yang tidak menggunakan pengaku. Sementara itu juga dibandingkan nilai beban kritis antara spesimen yang hanya memiliki retak awal dengan spesimen yang menggunakan retak awal kemudian diberi lasan. Adapun hasil pengujian spesimen dengan retak awal ini (Spesimen A) ditetapkan sebagai referensi. Selain itu pengaruh dimensi pengaku dan posisi pemasangan pengaku pada spesimen pengujian untuk menghambat laju pertumbuhan retak juga diperlihatkan.

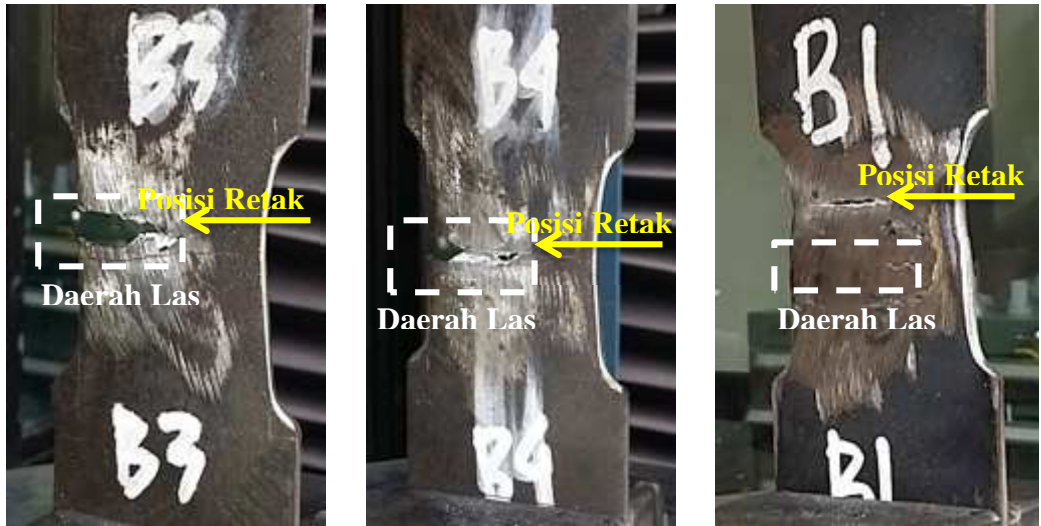
4.1 Pengukuran Beban Kritis (P_{kritis}) Pada Spesimen dengan Retakan yang dilas

Pengaruh lasan (Spesimen B) terhadap beban kritis untuk kelima spesimen diperlihatkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Perbandingan nilai beban kritis Spesimen A dan B untuk lima buah spesimen.

Pada gambar terlihat bahwa secara umum nilai beban kritis spesimen B lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen A. Akan tetapi nilai beban kritis Spesimen B3 (28.961 N) dan B4 (32.826 N) lebih rendah dibandingkan dengan spesimen B lainnya. Hal ini disebabkan oleh pengelasan yang kurang baik sehingga retakan muncul dan menjalar di daerah lasan seperti yang terlihat pada gambar 4.2 (a) dan (b). Namun nilai beban kritis Spesimen B3 dan B4 ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai beban kritis tertinggi spesimen tanpa lasan (Spesimen A).

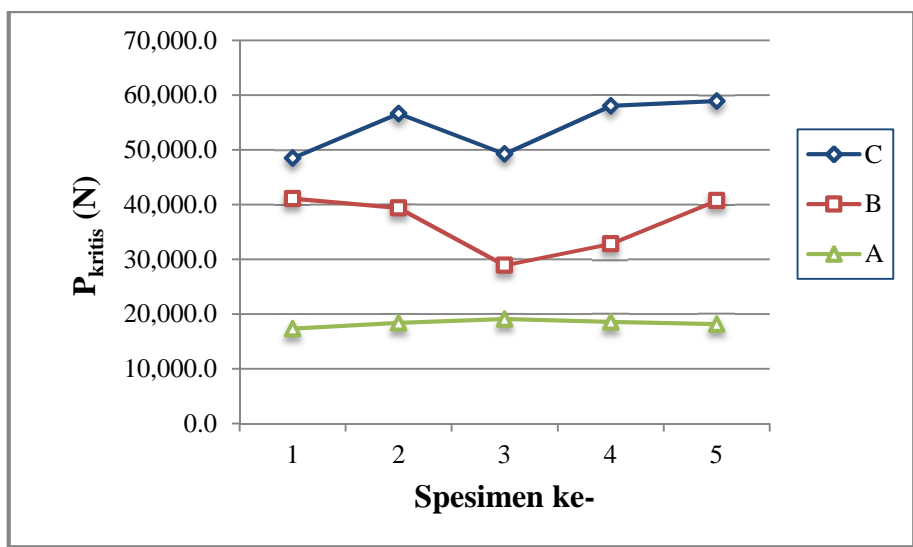


Gambar 4.2 Posisi penjalaran retak pada (a) Spesimen B3, (b) Spesimen B4 dan (c) Spesimen B1

Sementara itu pada gambar 4.2 (c) terlihat retakan spesimen B1 dimulai dan menjangar bukan pada daerah retakan awal yang sudah dilas. Pada spesimen ini kualitas lasan cukup baik sehingga retak muncul dan menjangar pada daerah kritis lain.

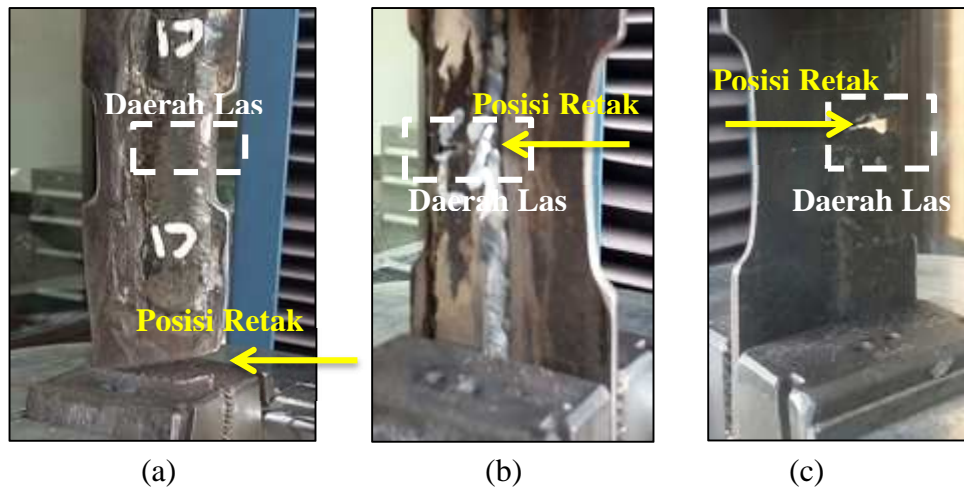
4.2 Pengukuran Beban Kritis (P_{kritis}) Pada Spesimen dengan retakan yang dilas diperkuat dengan Pengaku Satu Sisi

Pengaruh pengaku satu sisi dengan lebar 10 mm (Spesimen C) terhadap beban kritis diperlihatkan pada gambar 4.3. Pada gambar terlihat bahwa nilai rata-rata beban kritis spesimen C lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen B dan Spesimen A.



Gambar 4.3 Perbandingan nilai beban kritis (P_{kritis}) antara Spesimen A, B dan C untuk lima buah spesimen

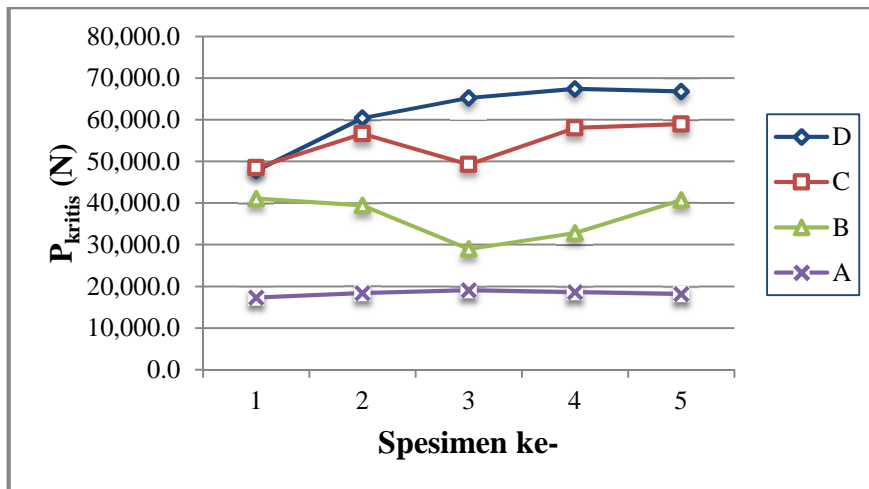
Pada gambar 4.3 terlihat bahwa nilai beban kritis Spesimen C1 (48.502 N) lebih rendah dibandingkan dengan spesimen C lainnya. Hal ini disebabkan pengaku tidak ikut dicekam sehingga retakan muncul dan menjalar di daerah pencekaman seperti yang terlihat pada gambar 4.4 (a). Sementara untuk empat spesimen lainnya pengaku ikut di cekam dalam proses pengujian.



Gambar 4.4 Posisi penjalaran retak pada (a) Spesimen C1 (b) Spesimen C3 tampak depan dan (c) Spesimen C3 tampak belakang

Pada gambar 4.3 juga terlihat bahwa nilai beban kritis Spesimen C3 juga rendah mendekati nilai beban kritis spesimen C1. Hal ini dikarenakan proses pengelasan yang kurang baik sehingga penjalaran retak bermula dari daerah retakan awal yang diberikan seperti yang diperlihatkan gambar 4.4 (b) dan (c). Akan tetapi nilai beban kritis Spesimen C3 (49.257 N) masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai beban kritis Spesimen B3 (28.961 N) walaupun kedua spesimen tersebut gagal akibat lasan yang kurang baik. Hal ini disebabkan Spesimen C3 mempunyai pengaku yang menghambat penjalaran retak.

Pengaruh pengaku satu sisi dengan lebar 20 mm (Spesimen D) terhadap beban kritis diperlihatkan pada gambar 4.5. Pada gambar terlihat bahwa nilai rata-rata beban kritis spesimen D lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen C, B dan A.



Gambar 4.5 Perbandingan nilai beban kritis (P_{kritis}) antara Spesimen A, B, C dan D untuk lima buah spesimen

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa nilai beban kritis D1 (47.834 N) hampir sama dengan C1 (48.502 N). Hal ini disebabkan oleh pengaku Spesimen D1 juga tidak ikut dijepit pada saat pengujian seperti yang terlihat pada gambar 4.6.

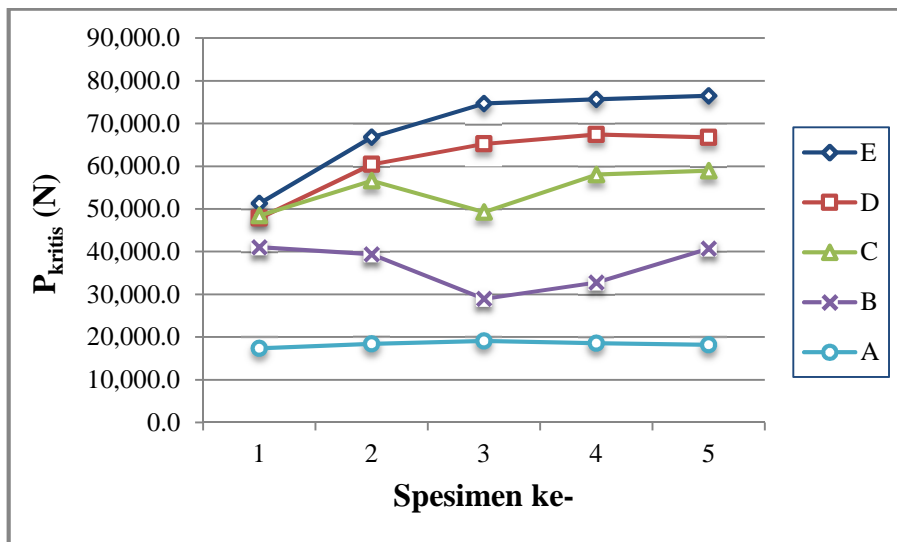


Gambar 4.6 Posisi penjalaran retak pada Spesimen D1

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa retak muncul dan menjalar pada pencekaman bagian bawah. Hal ini menandakan pemberian pengaku dan lasan pada daerah retakan cukup baik untuk menghambat laju retakan pada daerah retakan awal yang diberikan.

4.3 Pengukuran Beban Kritis (P_{kritis}) Pada Spesimen dengan Retakan yang dilas diperkuat dengan Pengaku Dua Sisi

Pengaruh pengaku dengan lebar 10 mm yang dipasang di kedua sisi (Spesimen E) terhadap beban kritis diperlihatkan pada gambar 4.7. Pada gambar terlihat bahwa nilai rata-rata beban kritis spesimen E lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen lainnya.



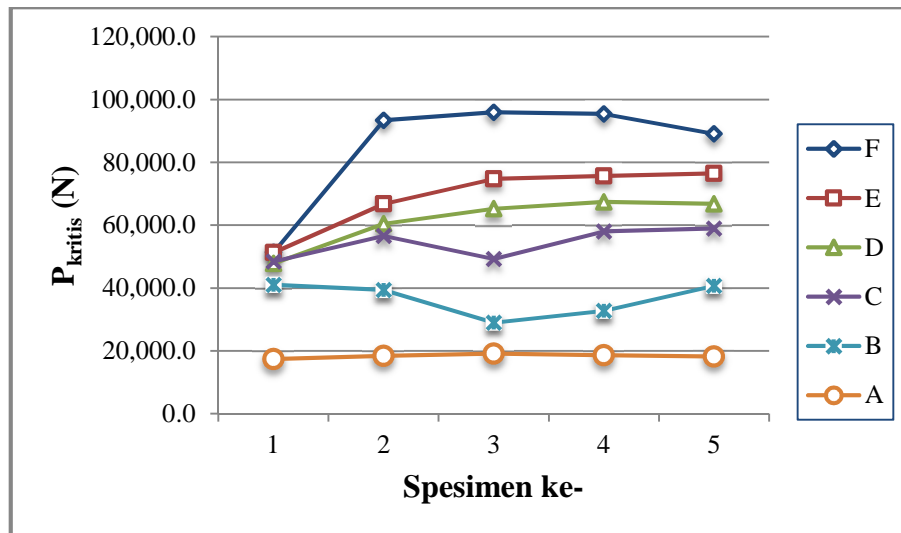
Gambar 4.7 Perbandingan nilai beban kritis (P_{kritis}) antara Spesimen A, B, C, D dan E untuk lima buah spesimen

Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa nilai beban kritis E1 (51.310 N) hampir sama dengan C1 (48.502 N) dan D1 (47.834 N). Hal ini disebabkan oleh pengaku Spesimen E1 juga tidak ikut dijepit pada saat pengujian seperti yang terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Posisi penjalaran retak pada Spesimen E1

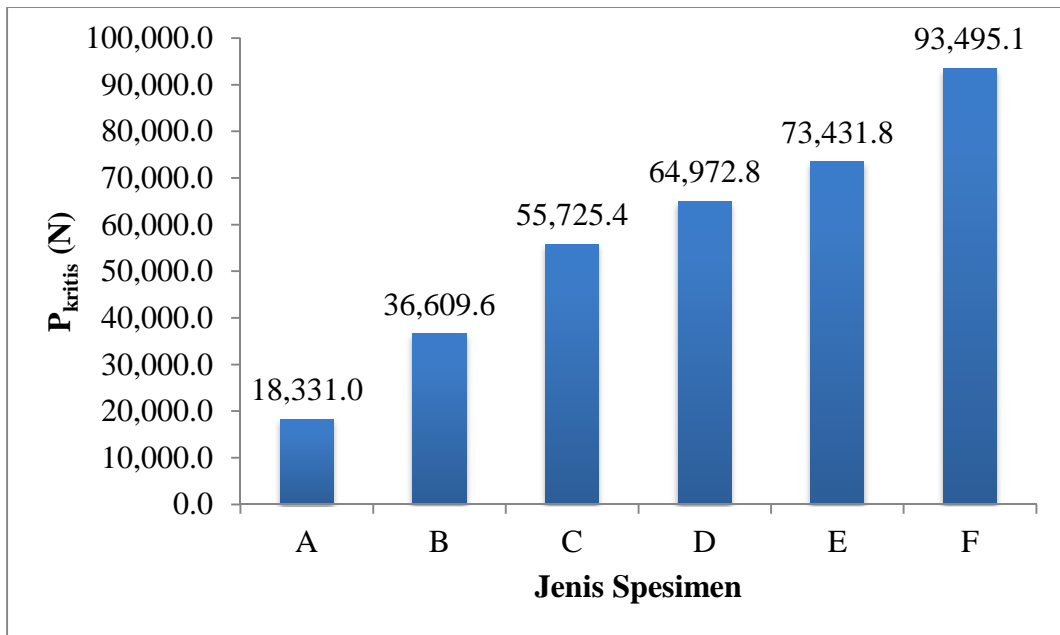
Sementara itu, pengaruh pengaku dengan lebar 20 mm yang dipasang di kedua sisi (Spesimen F) terhadap beban kritis diperlihatkan pada gambar 4.9. Pada gambar terlihat bahwa nilai rata-rata beban kritis spesimen F lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen lainnya.



Gambar 4.9 Perbandingan nilai beban kritis (P_{kritis}) antara Spesimen A, B, C, D, E dan F untuk lima buah spesimen

Pada Gambar 4.9 terlihat bahwa nilai beban kritis F1 (51.471 N) hampir sama dengan E1 (51.310 N) dan D1 (47.834 N) serta C1 (48.502 N). Jika dirata-ratakan nilai beban kritis di atas untuk ke empat spesimen di atas, maka nilainya sebesar 49.780 N. Nilai ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan nilai Spesimen A yang mempunyai retak awal tanpa lasan dan juga nilai beban kritisnya lebih tinggi dibandingkan dengan Spesimen B yang retak awalnya diberi lasan seperti yang diperlihatkan gambar 4.9.

Perbandingan nilai rata-rata beban kritis untuk variasi spesimen pengujian diperlihatkan pada gambar 4.10. Pada gambar terlihat penggunaan pengaku dua sisi dengan lebar 20 mm (Spesimen F) sangat efektif dalam menghambat laju rambatan retak. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata beban kritisnya tertinggi. Sedangkan metode penghambat retakan dengan lasan saja (Spesimen B) kurang efektif dalam menghambat penjalaran retak. Akan tetapi metode penghambatan retak dengan lasan saja (Spesimen B) masih dapat menghambat laju rambatan retak. Hal ni terlihat dari nilai beban kritisnya masih lebih tinggi dari spesimen yang diberi retakan awal (Spesimen A).



Gambar 4.10 Perbandingan nilai rata-rata beban kritis untuk variasi Jenis Spesimen

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Jumlah pengaku yang diberikan sangat mempengaruhi laju perambatan retak di mana penggunaan pengaku dua sisi sangat efektif dalam menghambat laju rambatan retak.
2. Dimensi pengaku mempengaruhi penghambatan penjaran retak di mana semakin besar dimensi pengaku maka rata rata beban kritis yang dibutuhkan untuk retak mulai menjalar semakin besar.
3. Metode lasan pada retak dapat menghambat penjaran retak meskipun kurang efektif.
4. Pengelasan yang kurang baik akan menyebabkan pertumbuhan retak dimulai pada daerah tersebut sehingga nilai beban kritis menjadi rendah.

5.2 Saran

Dari penelitian ini disarankan untuk penelitian selanjutnya agar melakukan pengujian penggabungan metode penghambat retak lainnya seperti metode lubang hambatan (SDH).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Murdani A., Macabe C., Saimoto A., Kondo R. 2008. *A Crack Growth Arresting Technique in Aluminum Alloy*. Engineering Failure Analysis 15 (2008) 302-310.
- [2] Macabe C., Murdani A., Kuniyoshi K., Irei Y., Saimoto A. 2009. *Crack – Growth Arrest by Redirecting Crack Growth by Drilling Stop Holes and Inserting Pins into Them*. Engineering Failure Analysis 16 (2009) 247-483.
- [3] Marazani T., Madyira D. M., Akinlabi E. T. 2017. *Repair of cracks in metals: A review*. 14th Global Conference on Sustainable Manufacturing, GCSM 3-5 October 2016, Stellenbosch, South Africa Procedia Manufacturing 8 (2017) 673-679
- [4] Macabe C., Naka K., Ferdous M. S. 2014. *Method of Arresting Crack Growth for Application at Narrow Working Space*. Bulletin of the JSME, Mechanical Engineering Journal Vol.1 No.6.
- [5] Macabe C., Naka K., Katshusima Y. 2015. *Example of Arresting Crack Growth in Welded Parts*. Industrial Engineering and Management Vol.4 issue.5.
- [6] Nateche T., Meliani M.H., Matvienko Y.G., Pluvinage G. 2016. *Drilling Repair Index (DRI) Based on Two-parameter Fracture Mechanics for Crack Arrest Holes*. Engineering Failure Analysis 59 (2016) 99 – 110.
- [7] Broek D. 1982. *Elementary Engineering Fracture mechanics 3th ed*. Martinus Nijhoff Publishers. The Hague.
- [8] Domazet Z. 1996. *Comparison of Fatigue Crack Retarding Methods*. Engineering Failure Analysis, Vol. 3, No. 2, pp 137 – 147
- [9] Metalock International Association. What Is Metalock. [online] Available: www.metalokinginternational.org/metalock-onsita-stitch.html. [Accessed 30 may 2017]
- [10] Ayatollahi M.R., Razavi S.M.J., Chamani H.R. 2014. *Fatigue Life Extension by Crack Repair Using Stop-Hole Technique Under Pure Mode-I and Pure Mode-II Loading Condition*. XVII International Colloquium on Mechanical Fatigue of Metals (ICMFM17), vol 74, pp. 151 – 156.
- [11] Meliani M.H., Matvienko Y.G., Pluvinage G. 2011. *Two-parameter Fracture Criterion ($K_{p,c} - T_{ef,c}$) Based on Notch Fracture Mechanics*. International Journal of Fracture 167 (2011) 173-182
- [12] Allied System. 2012. *Welding Repair for Structural Cracks*. Section 8-1
- [13] Ricci F., Franco F. 2011. *Bonded Composite Patch Repair on Cracked Aluminium Plates: Theory, Modeling and Experiments*. Research Gates