BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN OPERASIONAL

1. Tinjauan Pustaka.

1.1. Baja Cor.

Besi atau pun baja merupakan paduan yang terdiri dari zat besi (Fe) sebagai unsur utama dan karbon (C), sebagai unsur pemadu utama serta unsur penyerta lainnya Fosfor, Silikon, Mangan, Belerang dan lain-lain.

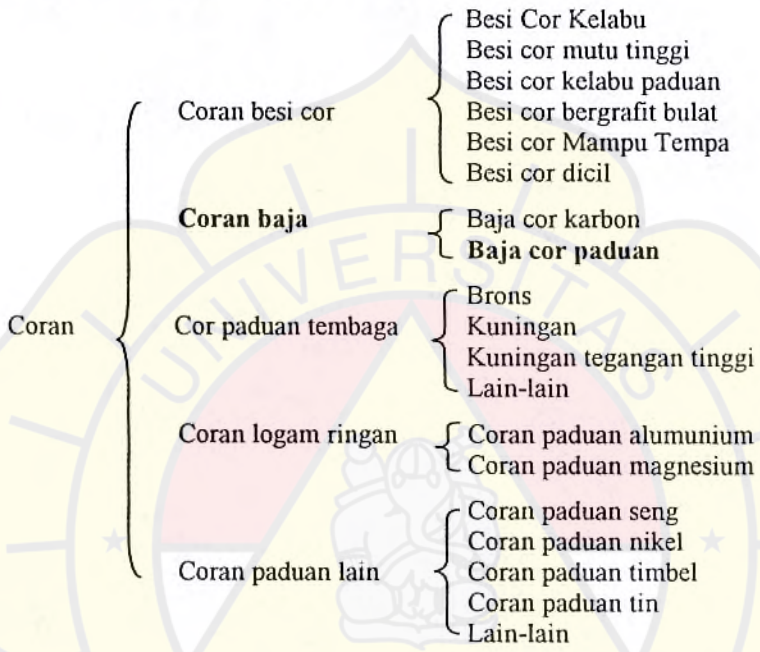
Perbedaan antara besi cor dan baja cor adalah pada koomposisi karbon yang dikandungnya. Secara umum besi cor kadar karbon antara 1% - 3% sedangkan baja kadar karbon dibawah 1%.

Baja cor dapat digolongkan kedalam baja karbon dan baja paduan. Coran baja karbon adalah paduan besi karbon dan digolongkan menjadi tiga macam , yaitu baja karbon rendah (C < 0,20%), baja karbon menengah (0,20%-0,50% C) dan baja karbon tinggi (C > 0,5%).

Kadar karbon yang rendah menyebabkan kekuatan rendah, perpanjangan yang tinggi dan harga bentur serta mampu las yang baik. Baja cor mempunyai struktur yang buruk dan sifat yang getas apabila tidak diadakan perlakuan panas; dengan pelunakan atau penormalan maka baja cor menjadi ulet dan strukturnya menjadi halus. Titik cairnya kira-kira 1500°C, mampu cornya lebih buruk dibandingkan dengan besi cor, tetapi baja cor dapat dipergunakan baik sekali sebagai bahan untuk bagian-bagian mesin sebab kekuatannya yang tinggi dan harganya yang rendah(1/h5).

Baja cor paduan adalah baja cor yang ditambah unsur-unsur paduan (Mn, M, Cr, Ni dll), untuk memberikan sifat-sifat khusus dari baja paduan tersebut, umpamanya sifat-sifat keausan, ketahanan asam, korosi atau keuletan. (1/h4-5)

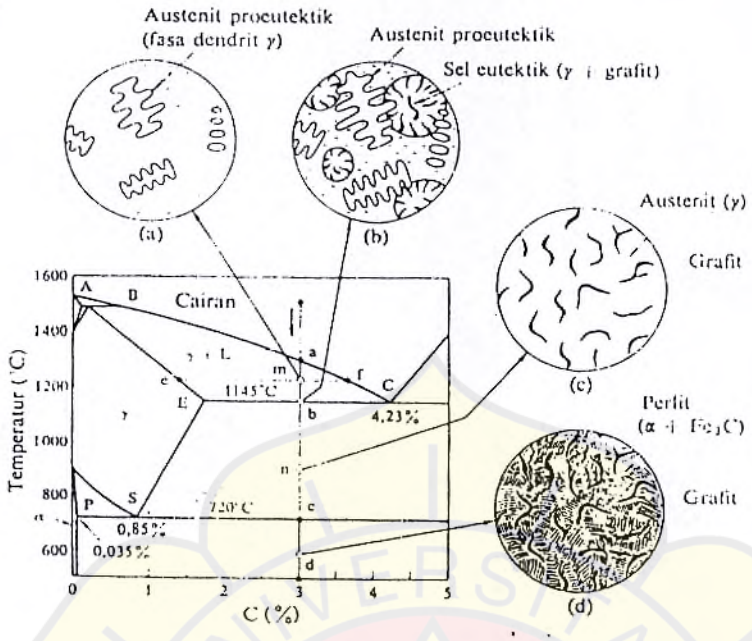
Daftar 1 Penggolongan bahan cor.



Struktur besi cor ditentukan oleh komposisi dari besi dan karbon.

Gbr. 2-1 adalah diagram kseimbangan besi karbon. Dari diagram ini dapat dipelajari bagaimana fasa berubah dan struktur apa yang timbul kalau besi cor yang mengandung 3% karbon membeku dan didinginkan sampai temperatur kamar. (1/h17)

Besi cor mampu tempa dibuat agar mempunyai kekuatan yang tinggi seperti baja liat. Dan dengan menambah unsur-unsur Mn, Ni, Cu akan mempunyai ketahanan aus serta ketahanan korosi yang lebih baik.



Gambar 2 – 1. Diagram Keseimbangan

Besi cor mampu tempa dibuat agar mempunyai kekuatan yang tinggi seperti baja liat. Dan dengan menambahah unsur-unsur Mn, Ni, Cu akan mempunyai ketahanan aus serta ketahanan korosi yang lebih baik.

1.2 Perpatahan.

Perpatahan adalah pemisahan atau pemecahan suatu material padat menjadi dua atau lebih akibat tegangan. Pemisahan atau pemecahan tersebut bersifat katastropik. Material yang mengalami perpatahan seringkali tanpa tanda-tanda yang jelas dan akibat dari perpatahan ini menimbulkan bencana yang tidak terduga. Sedangkan hubungan antara bentuk permukaan patahan dengan mekanisme tegangan yang mengakibatkan perpatahan tersebut menggambarkan sifat bahan, kondisi tegangan, temperatur, kecepatan peregangan dan lingkungan.

Bila perpatahan didahului oleh deformasi plastik maka disebut perpatahan ulet (ductile fracture), bila tidak didahului oleh deformasi plastik maka disebut perpatahan rapuh (brittle fracture).(3/h237)

Secara umum perpatahan dapat digolongkan dalam empat kategori yaitu patah ulet, patah getas, patah fatik dan patah mulur.

1.2.1 Patah Ulet.

Patah ulet dapat tejadi bila bahan mendapat beban melebihi kekuatan seperti yang terjadi pada pengujian tarik atau penampangnya tidak cukup luas karena adanya cacat dalam bahan.

Ciri-ciri patah ulet :

Terlihat adanya deformasi plastik yang cukup banyak seperti terjadi deformasi selip dan deformasi kembar.

Butir-butir kristal berubah bentuk memanjang karena adanya regangan geser.

Penampang lintang dari benda mengecil dan untuk baja, muka tahnya berwarna abu-abu.

1.2.2 Patah Getas.

(1). Ciri patah getas.

Patah getas terjadi pada saat yang tidak dapat terduga, baik pada waktu pembuatan maupun sudah selesai pembuatan, dengan beban yang lebih rendah dan batas luluh bahan. Karena tidak dapat diduga sebelumnya, maka banyak

kecelakaan kerusakan dan kerugian yang diakibatkan oleh terjadinya patah patah getas. (1/h189)

Hal-hal umum terdapat dalam patah getas adalah sebagai berikut :

a). Kemungkinan terjadi lebih besar pada suhu yang lebih rendah dari suhu ruang.

b). Patahnya tegak lurus terhadap arah tegangan tarik dengan permukaan patahan yang mengkilat. Hal ini disebabkan karena patah terjadi pada permukaan kristal. Disamping itu pada permukaan tampak adanya garis-garis halus yang dapat menunjukan dengan mudah sumber dari patahan.

c). Patah biasa mulai dari logam yang terputus, baik dalam bahan maupun dalam bentuk, yang dapat menyebabkan terjadinya konentrasi tegangan.

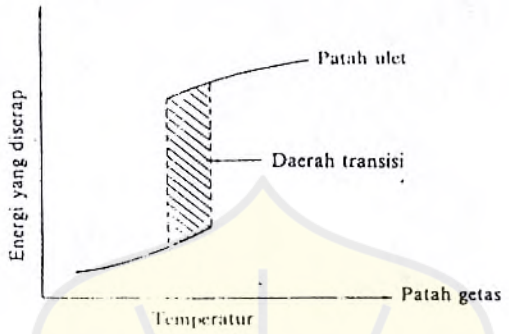
d). Tegangan yang menyebabkan patah getas selalu lebih rendah dari kekuatan luluh.

e). Patah getas umumnya hanya terjadi pada baja lunak dan baja panduan rendah.

(2). Tahanan Patah.

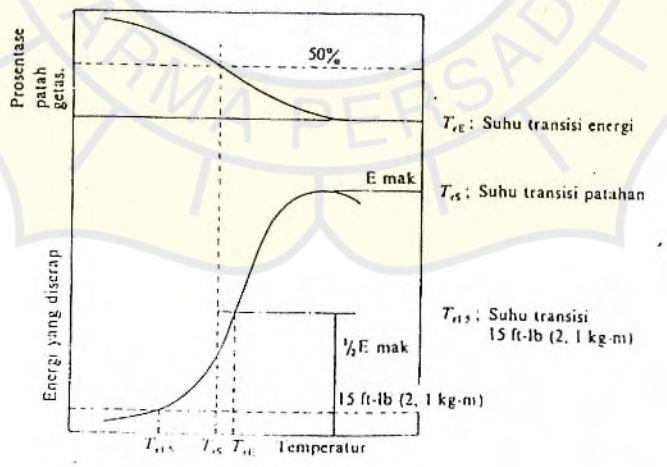
Tahanan logam terhadap patah getas dinamakan tahanan patah. Untuk baja karbon tahanan patahnya akan menurun dengan cepat dengan menurunnya suhu baja. Jadi dalam hal ini terjadi perubahan dari patah ulet ke patah getas yang tergantung pada temperatur. Karena hal ini maka temperatur dimana terjadinya perubahan tersebut dinamakan temperatur/suhu transisi (Gbr.2-2). Dalam Gbr. 2-3 dan Gbr. 2-4 ditunjukan besarnya tahanan patah dengan setengah energi

yang diserap. Suhu dimana terjadi patahan dengan setengah energi maksimum dinamakan suhu transisi T_{rE} (Gbr. 2-4).

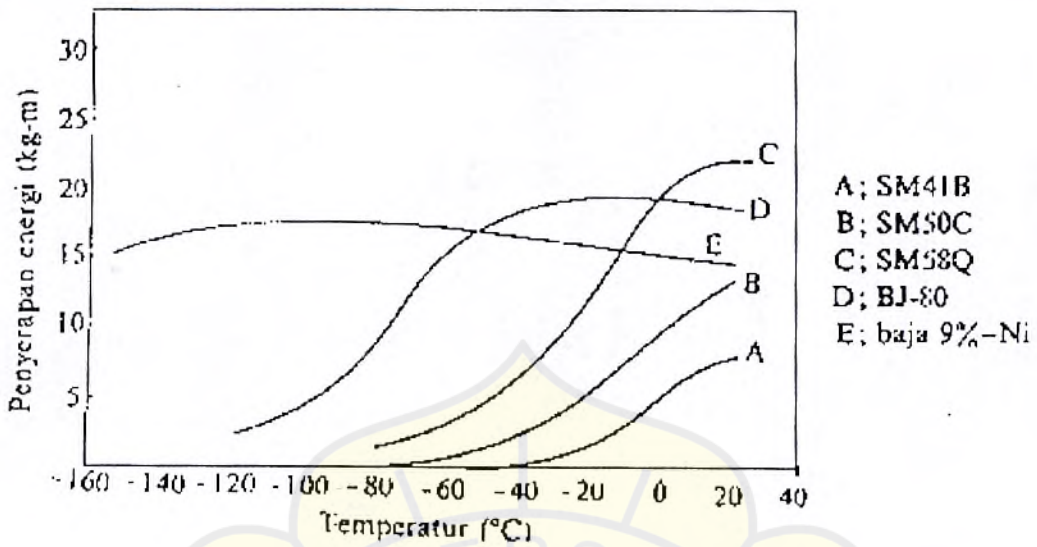


Gambar 2 – 2. Keadaan transmisi pada patahan (1/hl194)

Karena suhu transisi dan energi yang diserap besarnya berbeda untuk jenis baja yang berlainan, maka kedua besaran tersebut digunakan sebagai ukuran dari tahanan patah. Kedua besaran tersebut untuk bermacam-macam baja harganya telah ditentukan melalui pengujian. (1/hl94-195)



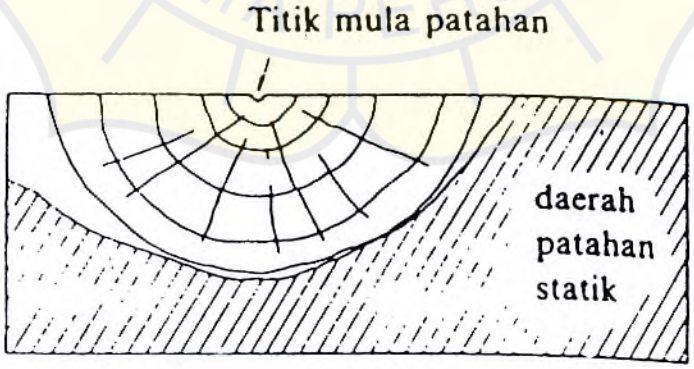
Gambar 2 – 3. Hubungan antara prosentase patah getas dan energi yang diserap dengan temperatur pengujian (Charpy takik V)(1/hl194)



Gambar 2 – 4. Kurva energi – temperatur untuk beberapa baja (Charpy takik V-2 mm) (1/hl195)

1.2.3 Patah Fatik.

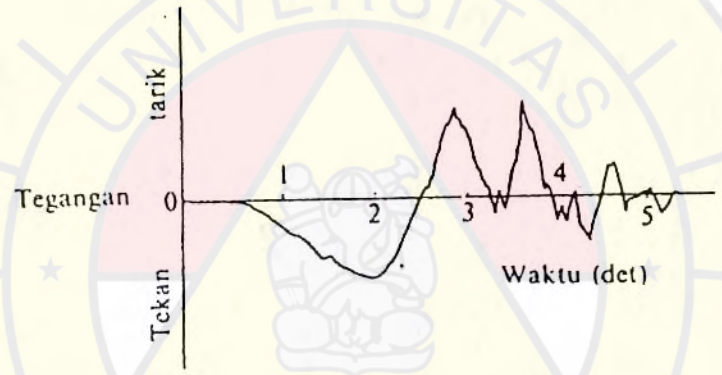
Logam kadang-kadang patah karena tegangan berulang yang besarnya dibawah tegangan boleh. Gejala patah yang disebabkan kerena beban luar yang berulang, perubahan bentuk yang berulang atau tegangan termal yang terulang dinamakan patah fatik. (1/h196).



Gambar 2 – 5. Skema permukaan patahan fatik(1/HL196)

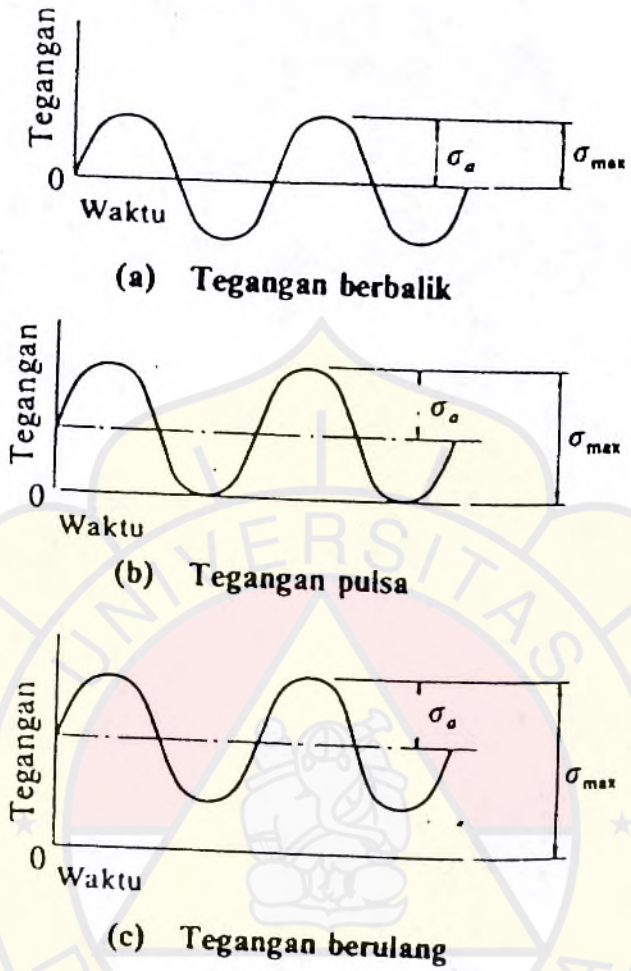
Dalam Gbr. 2-5 patah fatik menjalar secara pelan-pelan dalam bentuk lingkaran mulai dari retakan yang merupakan pusat dari patahan.

Dengan menjalarnya retak menjadi permukaan patahan, maka luas permukaan yang tidak cacat menjadi berkurang sehingga akhirnya terjadi patahan. Berdasarkan penelitian telah diketahui bahwa patah fatik tidak terjadi bila tegangan yang berulang tidak melebihi suatu harga tertentu yang dinamakan batas fatik atau batas ketahanan.



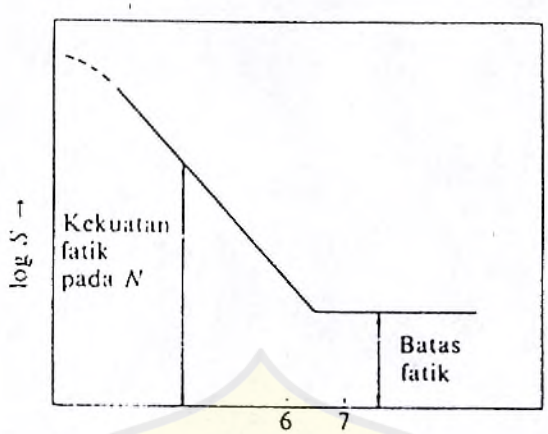
Gambar 2 – 6. Suatu contoh beban berulang (4/HL.196)

Bentuk dari tegangan berulang yang terjadi dalam suatu konstruksi sangat tidak teratur, periodenya dan amplitudonya dapat berubah dengan waktu seperti ditunjukan dalam Gbr. 2-6. Walaupun demikian harga-harga batas fatik dari suatu bahan selalu diambil dari hasil pengujian dengan beban standar, tekan tarik, geser, lentur puntir atau gabungan dari beban-beban tersebut seperti ditunjukan dalam Gbr. 2-7.



Gambar 2-7. Tegangan berubah yang digunakan dalam pengujian fatik.(Alhl96)

Dengan hasil pengukuran seperti dalam Gbr. 2-8, biasanya disebut dengan atau kurva S – N. Bagian kurva yang mendatar menunjukan batas tegangan maksimum dimana tidak terjadi patah fatik dan seperti diterangkan diatas disebut batas fatik atau batas ketahanan.



S = tegangan fatik
N = Jumlah siklus pengulangan

Kurva S-N.

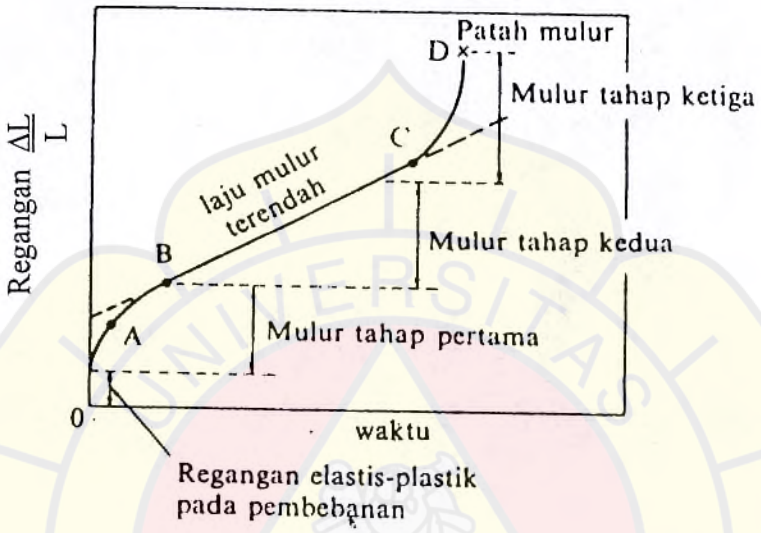
Gambar 2 – 8. Kurva S – N (4/HL196)

Patah fatik yang terjadi pada silkus dibawah 10^5 disebut fatik silkus rendah dan yang terjadi pada silkus yang terjadi pada silkus yang lebih tinggi disebut fatik silkus tinggi. Titik pertemuan antara garis miring dan garis datar (Gbr. 2-8) dinamakan batas fatik seumur hidup.

1.2.4 Patah Mulur.

Logam mempunyai sifat untuk meregang bila dibebani. Bila regangan ini terjadi pada suhu yang tinggi dan pada tegangan yang lebih rendah dari tegangan luluh, sehingga terjadi perubahan bentuk plastik dan kemudian patah, maka peristiwa ini disebut mulur. Dalam Gbr. 2-9 ditujnjukan perubahanan regangan yang terjadi pada suhu tetap. Karena adanya perubahan benruk yang terus menerus maka penampang batang jadi mengecil yang menyebabkan bertambah besarnya

kecepatan mulur mulai dari titik C dan berakhir dengan patah mulur pada titik D. kurva OABCD (Gbr. 2-9) disebut kurva mulur dan merupakan ciri penting bagi baja yang digunakan pada konstruksi untuk temperatur tinggi. (*t*/hl99).



Gambar 2 – 9. Kurva mulur (1/hl199)

Sifat mulur pada logam sangat dipengaruhi oleh komposisi kimianya, cara pembuatannya, laku panasnya dan lain sebagainya. Diantara faktor-faktor tersebut lakupanaslah yang paling besar pengaruhnya .

1.3 Korosi.

Korosi adalah perubahan struktur logam yang menimbulkan kerapuhan dan yang disebabkan karena reaksi sebagai akibat dari adanya sel konsentrasi dari ion logam atau adanya proses galvanik.

Proses korosi secara kasar dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu korosi permukaan secara merata dan korosi setempat.

Korosi permukaan adalah korosi yang terjadi pada permukaan yang sering terlihat oleh mata akibat adanya oksidasi.

Sedangkan korosi setempat atau sebagian dapat digolongkan :

a). Korosi batas butir, terjadi antara lain karena ada karbida khrom yang mengendap pada butir austenit di daerah HAZ (pada benda yang dilas).

b). Korosi lubang, terjadi bila ada ion halogen atau zat lain yang melekat.

c). Korosi tegangan, terjadi bila ada tegangan beban atau tegangan sisa yang bekerja dan lingkungan yang bersifat korosi.

d). Korosi celah, terjadi bila ada celah seperti tekik atau lipatan

e). Korosi kontak, terjadi bila ada listrik yang terhubung dengan logam yang berlainan.

f). Korosi fatik, terjadi bila ada beban yang berulang dan lingkungan yang bersifat korosi.

g). Erosi, terjadi bila ada gesekan dengan cairan yang mengalir diantaranya.

Jenis korsi yang paling berbahaya dalam konstruksi baja adalah korosi antar butir dan korosi tegangan yang dapat menimbulkan retak maupun patah (1/h201)

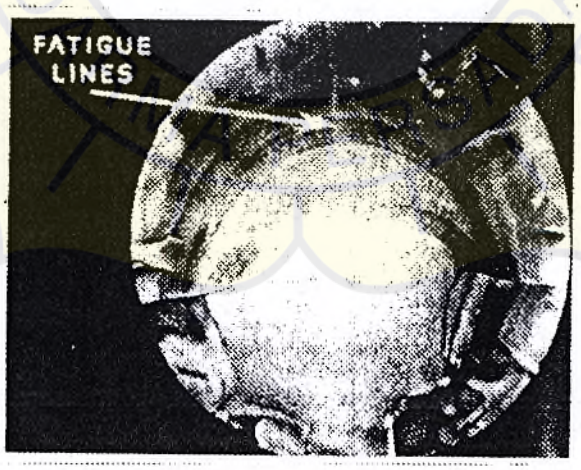
1.4 Awal Retakan.

Retakan dari suatu komponen logam yang dibebani berulang kali berawal dari atau permukaan kasar pengerjaan komponen yang mengalami deformasi akibat regangan berulang. Deformasi yang disebabkan oleh regangan ulang ini

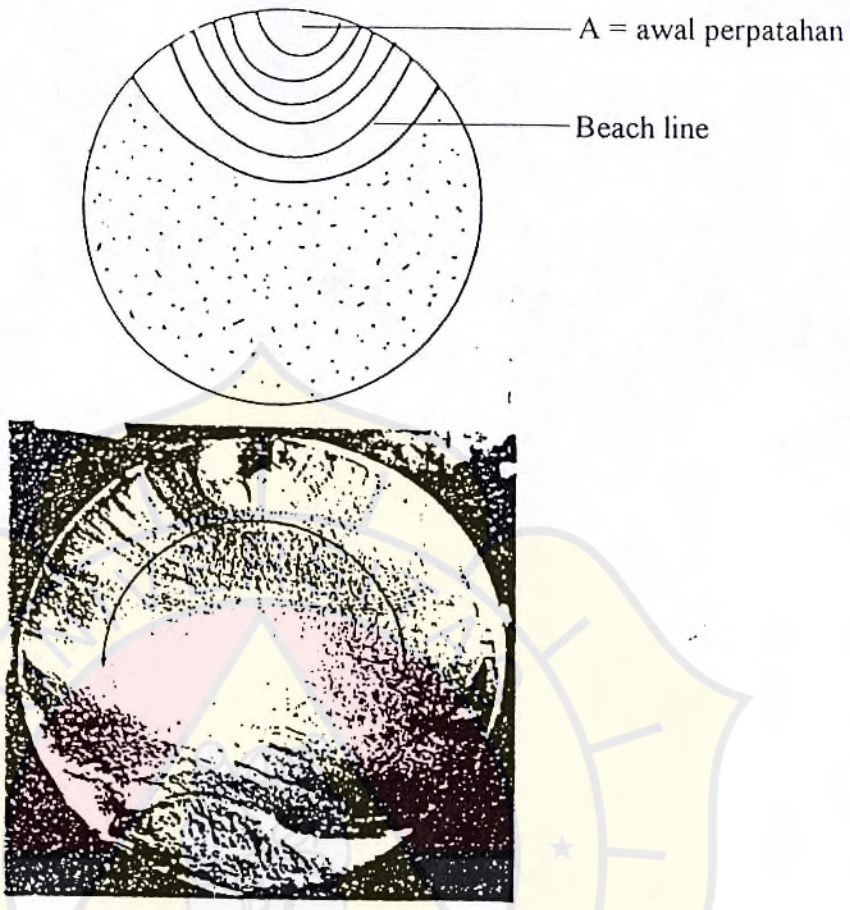
mengakibatkan terjadinya slip pada bidang atom dengan arah kristalografi. Akibat dari bidang atom yang slip tersebut menimbulkan pergelinciran deformasi pada seluruh butiran dan beberapa butiran memperlihatkan adanya garis gelincir. Garis gelincir tersebut selanjutnya akan membentuk pita gelincir dan pada pertambahan siklus selanjutnya pita gelincir inilah yang merupakan embrio retakan. (5/h36)

1.5 Perambatan Retakan.

Perambatan retakan lelah cenderung merambat mulai dari sepanjang pita gelincir yang tumbuh secara lateral dan melebar, yang ditandai dengan adanya daerah pengintian retak awal berupa ratchet marks, kemudian pada perjalanan retak fatik berikutnya mengarah tegak lurus pada tegangan tarik maksimum yang dikenakan. Biasanya terjadi dengan cara menembus butir dan mempunyai karakteristik yang berbeda dengan cir khas seperti terlihat pada permukaan perpatahan yang ada pada Ggr. 2-10. (6/h491)



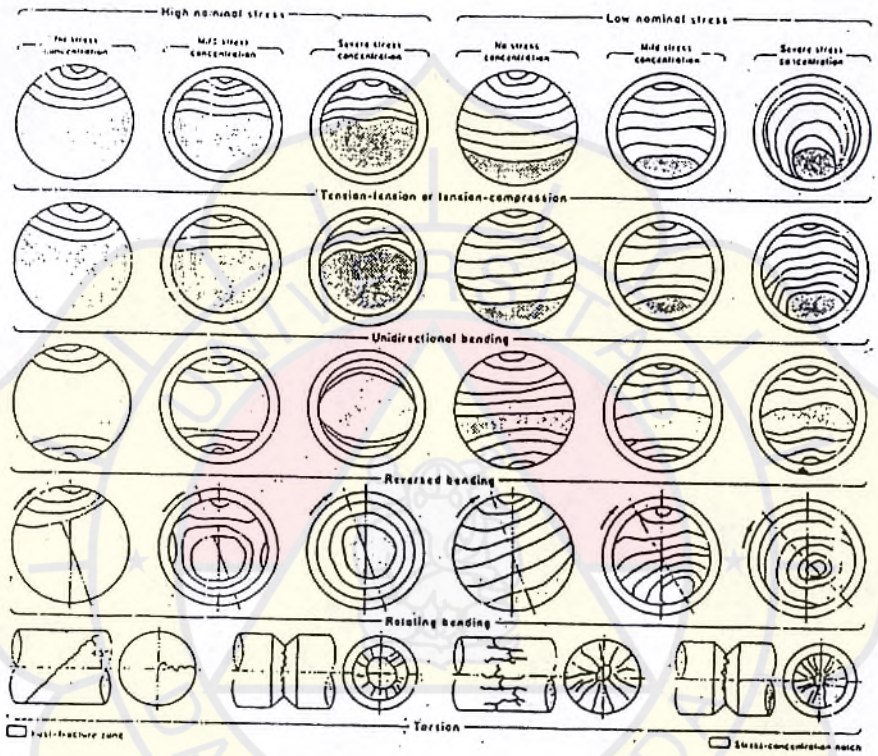
Gambar 2 – 10a. Perpatahan pada benda yang berputar (shaft)(5/h150)



Gambar 2 – 10b. Skema perpatahan Fatigue.(6/h491 & 3/h239)

Daerah pertama terlihat berupa cacat kecil dan dilanjutkan dengan daerah kedua merupakan daerah yang cukup rata, disini terjadi perambatan retak fatik secara perlahan, daerah ini biasanya memiliki lengkung konsentrasi yang ditandai oleh garis tegak yang disebut beach mark (galur pantai) sedangkan daerah ketiga merupakan sisa permukaan perpatahan yang menampilkan perpatahan transkristalin khas yang kasar akibat dari kegagalan yang terjadi secara tiba-tiba dan sifat patahan akhir ini dapat rapuh/ulet atau kombinasi keduanya.

Tingkat teganan kerja dan pemusatan tegangan kerja (kondisi pembebanan) yang mengakibatkan patahan fatik dapat terjadi pada berbagai macam kondisi, untuk membandingkan keadaan pembebanan yang dikaitkan dengan bentuk patahan yang terjadi dapat diperlihatkan seperti pada Gbr.2-11.



Gambar 2 – 11. Perbedaan bentuk patah fatigue untuk berbagai pembebanan(7/h152)

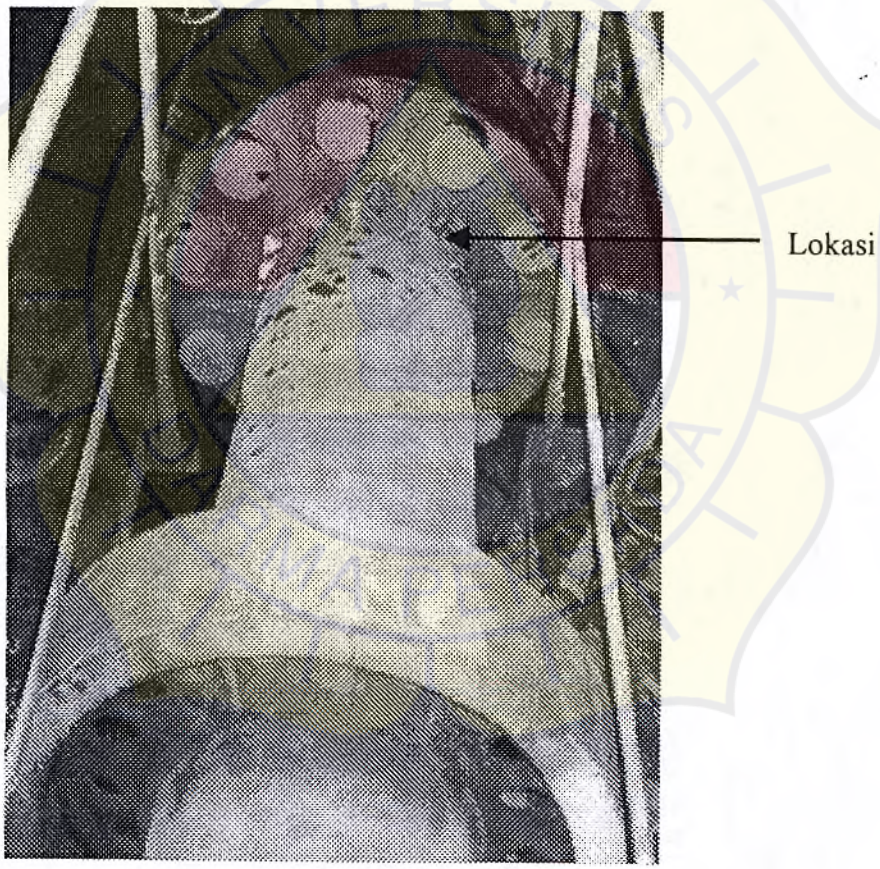
2. Tinjauan Operasional.

Intermidiate shaft dipasang antara trust block yang mendapat gaya putar dari Mesin Induk kapal sekali gus sebagai peredam gaya axial dan Tail shaft sebagai pemutar baling-baling.

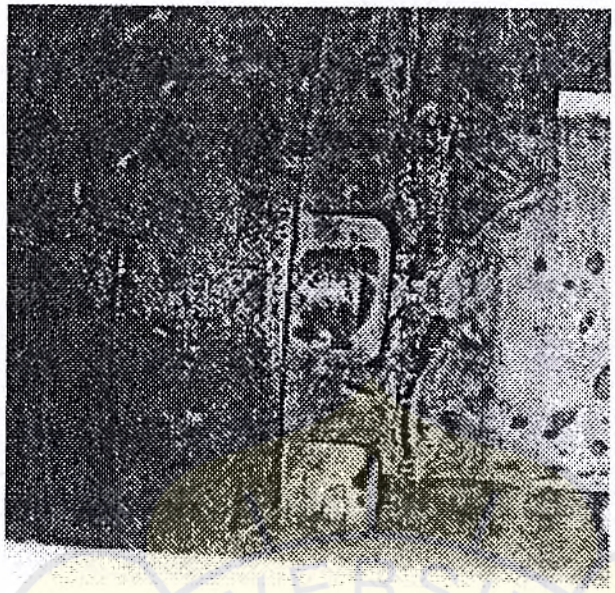
Bahan dari Intermidiate shaft menurut data pada drawing shafting arrangement disebut : Approved Forged Steel SF45 dengan ukuran panjang : 6610 mm dan diameter : 415,5 mm.

Pada bagian tengah dari Intermidiateshaft ditempatkan sebuah michel bearing sebagai penyanggah.

Lokasi putus dari pada Intermediate shaft yaitu pada posisi 5 cm dari kopling antara intermediate shaft dengan tail shaft seperti terlihat pada Gambar 2-12.



Gambar 2-12 Lokasi patah intermediate shaft



Gambar 2 – 13. Perpatahan intermediate shaft

2.1 Perhitungan Diameter Kopling dan Baut Intermidiate Shaft.

Semua data-data perhitungan ukuran diameter, flange dan baut pengikat, metode pengukuran dan hasil pengukuran adalah sesuai dengan data yang ada pada instruction book ynag ada di kapal yang dibuat oleh pabrik pembuat material.

Diameter Intermidiate shaft (poros antara) harus tidak boleh kurang dari rumus dibawah ini :

$D = 90.5 \times \sqrt[3]{(H/R) \times 57 / (Tu + 16)}$

$= 90.5 \times \sqrt[3]{(11.100 / 24) \times 57 / (45 + 16)} = 395.8$ mm

Dimana : H = Propulsion Shaft Power : 11.100 PS

N = Revolution per menit : 124

Tu = Specified minimum tensile strenglh of the material in kgf/mm^2 : 45

Design Diameter = 415 mm.

1. Baut Kopling.

Diameter dari dari baut kopling harus tidak kurang dari perhitungan dibawah ini : $D = 3.0 \times \sqrt{10^6} / (n \times r \times Tu) \times H / R$

Depan : $3.0 \times \sqrt{10^6} / (12 \times 860 \times 41) \times 11.100 / 124 = 43,64$ mm

Design diameter : 95 mm

Belakang : $3.0 \times \sqrt{10^6} / (10 \times 680 \times 41) \times 11.100 / 124 = 53,76$ mm

Design diameter = 85 mm

Dimana : n : jumlah baut

R : radius pitch baut

Tu : Kekuatan tarik minimum bahan.

2. Kopling.

Ketebalan minimum dari flens kopling harus sama dengan diameter baut kopling.

Ketebalan flens kopling dari intermidiate shaft 0.2 x diameter intermidiate shaft.

$0.2 \times 395.8 = 79.2 < 125.0$ mm.

Ketebalan flens kopling yang berhubungan dengan tail shaft 0.24 x diameter intermediate shaft

$0.24 \times 395.8 = 94.99 < 110.0$ mm

Fillet radius pada base dari flens kopling tidak boleh kurang dari 0.08 x diameter shaft pada kopling.

Intermidiate shaft = 0.08 x 415 = 33.2 mm

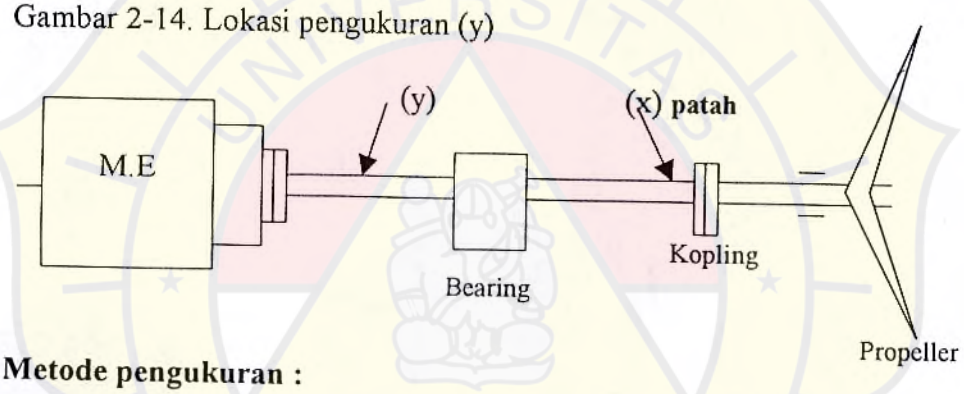
Screw shaft = 0.08 x 415 = 33.2 mm

Dari perhitungan ukuran-ukuran dan design yang ada disimpulkan bahwa faktor keamanan atau kelebihan yang pakai diatas dari pada batas aman kekuatan bahan.

2.2 Pengukuran torsi yang timbul pada bermacam-macam putaran.

1. Lokasi Pengukuran :

Gambar 2-14. Lokasi pengukuran (y)



2. Metode pengukuran :

(1). Torsi diukur dengan menggunakan strain gauge full bridge arrangement dan sebuah sistim transmisi yang dipersiapkan oleh KSEC yang disebut KSEC torgue meter (Kore Shipbuilding & engimering Corp.)

Alat pengukur frekuensi ini berputar dengan poros menghasilkan signal pengukuran berupa sebuah modulasi frequensi, dimana secara proposional terhadap torsi dan frekuensi tengah yang diperkirakan 7500 cps (torsi = 0). Signal ini terinduksi oleh poros dan mengikuti pembesa-rannya langsung dihubung ke LED (Light Emission Indicator).

Dan signal pengukur modulasi frekuensi dihubungkan kesignal analog melalui pemisahan dan pencatatan UV recorder yang disebut Oscilograph 5-134 (bell & Howeld).

Blok diagram dengan sistim ini difungsikan, seperti pd. Gb. 2-16.

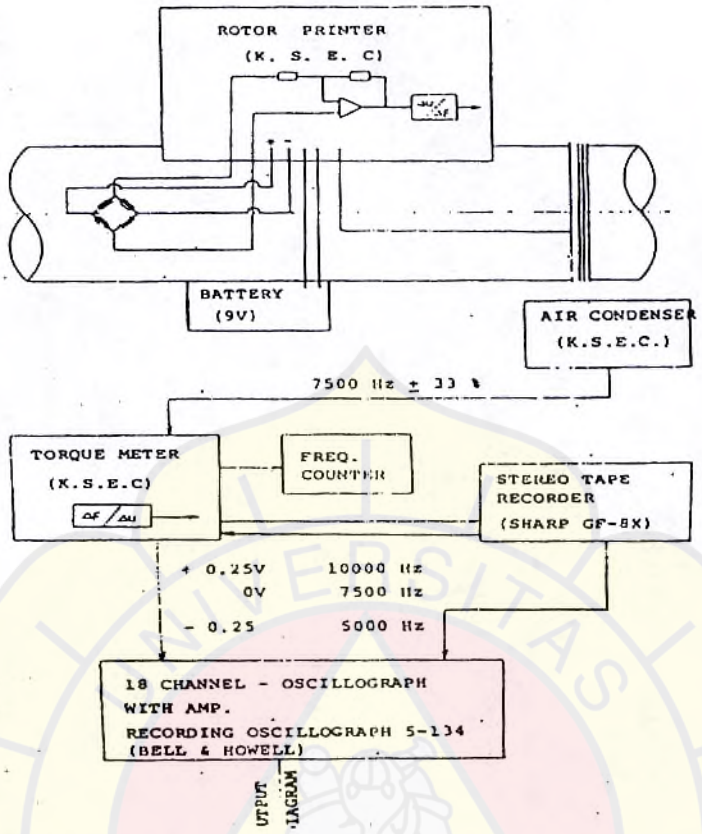
(2). Kecepatan poros ditujukan melalui head switch yang digerakan oleh pin magnit yang terpasang pada poros.

(3). Pengukuran dilakukan pada mode operasi yang berbeda sesuai program pengukuran pada sentral.

Hasil pengukuran dicatat oleh printer UV. Pada tabel 2-15 menunjukkan hasil pencatat UV termasuk penaikan dan penurunan RPM.

Dari hasil pengukuran dengan alat ini dibuatlah grafik yang menunjukkan besar perubahan gaya torsi yang timbul pada macam-macam putaran.

Dari tabel 2-15 dapat disimpulkan bahwa pada putaran antara 63 – 78 RPM mesin mengalami getaran yang besar sehingga pada range ini kecepatan harus dilewatkan secara cepat, karena pada waktu kapal manouver kecepatan kapal berada diatas dan dibawah putaran ini.

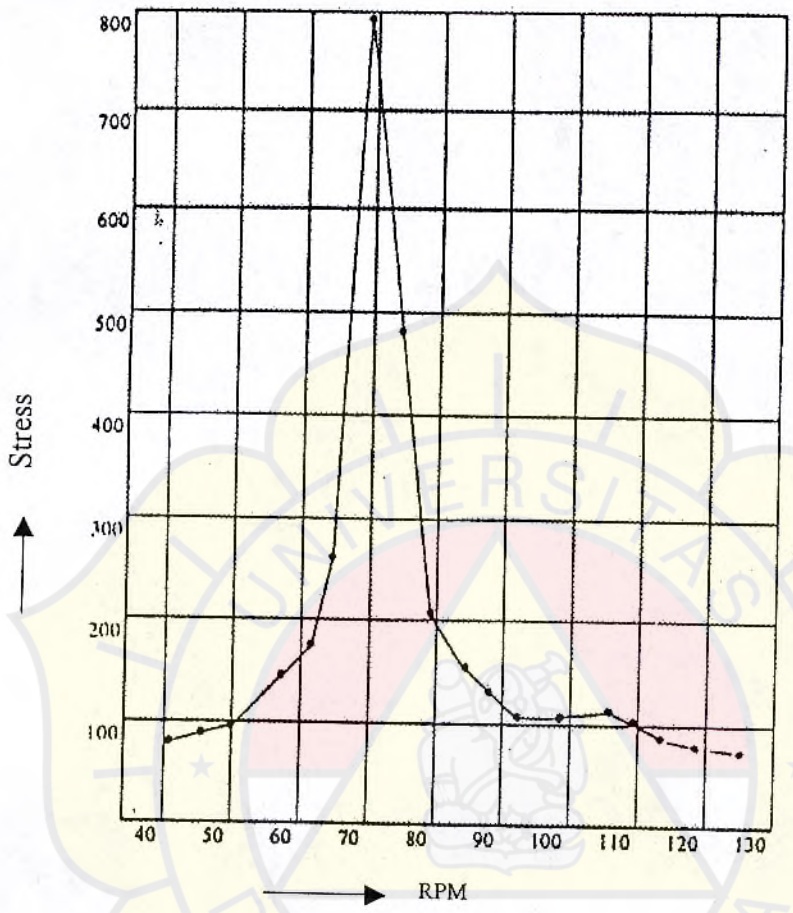


Gambar 2 – 15. Diagram alat pengukur Torsi

Tabel 2-16. Additional pulsatory stress table

40,7	RPM	± 70,9	Kg/cm²
45,9	"	± 74,9	"
50,0	"	± 97,2	"
56.3	"	± 117,5	"
61,3	"	± 162,1	"
65,3	"	**± 243,1**	"
69,0	"	**± 765,8**	"
74,1	"	**± 482,2**	"
79,6	"	**± 202,6**	"
84,8	"	± 131,7	"
89,9	"	± 121,6	"
94,9	"	± 101,3	"
98,9	"	± 101,3	"
105,1	"	± 119,5	"
110,2	"	± 103,3	"
114,9	"	± 86,1	"
119,4	"	± 83,01	"
126,3	"	± 81,1	"

Tabel 2-17 Grafik tegangan pada bermacam putaran



2.3. Pelaksanaan Dok.

Sejak awal kapal dioperasikan sampai dengan saat terjadi kerusakan, kapal telah mengalami beberapa kali naik dok. Dan pada setiap melaksanakan Special Survey (setiap 5 tahun) dilaksanakan pencabutan tail shaft.

Pada waktu tail shaft dicabut, Intermidiateshaft juga dicabut dan diperiksa.

Berikut daftar tahun dan jenis peleksanaan dok, Tabel 2-18.

Tabel 2-18. Daftar Pelaksanaan Dok

Tahun	Jenis Dok	Tempat	
1982 des.	Delevery	Korea	
1984	Guarantte	S'pore	
1986	SS	"	
1988	IS	"	
1991	SS	"	
1993	IS	"	
1995	SS	"	penggantian tail shaft.
1999	IS	"	Desember.
2001	AS	Surabaya	Penggantian Int.shaft.

Catatan : 22 Desember 2000 Intermediate shaft patah.