

HADIAH

PENEMBUSAN ION KLORIDA KE
DALAM KONKRIT BERTULANG
PADA PERSEKITARAN MARIN

oleh

HASLINDA BTE MOHD HASHIM

KUE 400

PUSAT PENGAJIAN SAINS KIMIA
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
PULAU PINANG

April 1992

KANDUNGAN	m/s
Penghargaan	i
Abstrak	ii
Abstract	iii
Senarai rajah	iv
Senarai jadual	v
Senarai graf	vi
BAB 1. Pengenalan	1
1.1 Kakisan keluli penyokong konkrit	3
1.2 Tindakbalas elektrokimia dan kakisan	4
1.3 Kepasifan	5
1.4 Mekanisme kakisan keluli pengukuh	8
1.4.1 Teori lapisan oksida	8
1.4.2 Teori pengerapan	10
1.4.3 Teori pembentukan kompleks	11
1.5 Kesan gas-gas terlarut	11
1.5.1 Karbon dioksida	11
1.5.2 Oksigen	12
1.6 Limit ion klorida dalam konkrit pengukuh	13
1.7 Kakisan Liang	14
BAB 2 KAEDAH PENYEDIAAN SPESIMEN KONKRIT DAN TEKNIK ANALISIS ION KLORIDA	15
2.1 Campuran konkrit	15
2.2 Komposisi keluli	16

	m/s
2.3 Penyediaan spesimen konkrit	16
2.4 Tempoh rawatan	17
2.5 Tandaan spesimen	17
2.6 Zon-zon pendedahan	18
2.7 Teknik-teknik analisis ion klorida	
di dalam makmal	23
2.7.1 Kaedah potensiometrik	23
2.7.1.i Ujian ke atas sensitiviti	
alat potensiometri	26
2.7.1.ii Had-had ke atas kaedah penitratan	
potensiometrik	27
2.7.2 Kaedah Volhard	27
2.7.3 Kaedah ion kromatograf	31
BAB 3 KAEDAH DAN TATACARA	33
3.0 Penyediaan sampel dari spesimen konkrit	33
3.1 Kaedah potensiometrik	33
3.1.1 Peralatan	33
3.1.2 Bahan kimia	34
3.1.3 Penyediaan larutan	34
3.1.4 Tatacara	36
3.2 Kaedah Volhard	37
3.2.1 Peralatan	37
3.2.2 Bahan kimia	37
3.2.3 Penyediaan Larutan	38
3.2.4 Tatacara	39

	m/s
3.3 Kaedah Ion Kromatograf	39
3.3.1 Peralatan	39
3.3.2 Bahan kimia	39
3.3.3 Penyediaan larutan	41
3.4 Cara Pengiraan	42
BAB 4 KEPETUSAN DAN PERBINCANGAN	45
4.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi kakisan	45
4.1.1 Zon Pendedahan	45
4.1.2 Ketebalan konkrit	49
4.1.3 Jenis konkrit	49
4.1.4 Tempoh Pendedahan	53
4.2 Penilaian kaedah yang sesuai	53
4.2.1 Kaedah pentitratan potensiometrik	53
4.2.2 Kaedah Volhard	55
4.2.3 Kaedah kromatografi Ion	55
4.3 Kesan ion klorida terhadap kakisan keluli	56
4.4 Langkah-langkah mengatasi kakisan ke atas keluli	59
4.5 Hasil Kajian	60
4.6 Kesimpulan	63
Cadangan penyelidikan akan datang	
Rujukan	
Lampiran A	
Lampiran B	
Lampiran C	

PENGHARGAAN

ASSALAMUALAIKUM,

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada Dr. Mohd Jain Nordin B. Kassim selaku penyelia bagi projek penyelidikan ini. Nasihat, tunjuk ajar serta kerjasama yang diberikan amat saya hargai.

Ucapan terimakasih juga untuk Prof. Jamjan Rajikan selaku Dekan, Pusat Pengajian Sains Kimia di atas pembiayaan serta kemudahan makmal yang disediakan.

Tidak lupa juga ucapan terimakasih untuk En. Mohd Zokhie dan En. Sabtu yang turut terlibat dalam menjayakan projek penyelidikan ini.

Semoga kerjasama yang telah diberikan itu akan membawa kejayaan kepada saya, Insya-Allah.

Yang Benar,

Haelinda Et. Mohd Hashim

Abstrak

Kajian tentang penyebab kakisan dijalankan ke atas konkrit bertulang yang dibina dari 2 jenis simen iaitu simen Portland biasa (OPC) dan simen Portland rintangan sulfat (SRPC). Spesimen-spesimen konkrit didedahkan di persekitaran marin di pantai Batu Uban Gelugor. Hasil daripada ujikaji didapati bahawa faktor-faktor seperti jenis simen, ketebalan konkrit, zon pendedahan dan tempoh pendedahan adalah sangat mempengaruhi kakisan keluli. Keluli terkakis lebih serius pada zon pasang surut, diikuti oleh zon percikan ombak dan seterusnya zon terendam dan zon atmosfera. Dalam makmal analisis penembusan ion klorida ke dalam konkrit dijalankan dengan menggunakan 3 kaedah iaitu kaedah potensiometri, kaedah Volhard dan kaedah kromatografi ion. Kaedah kromatografi ion merupakan kaedah yang paling mudah, cepat dan memberikan keputusan yang agak tepat. Kakisan liang adalah jenis kakisan yang utama terhadap keluli pengukuh. Ianya berpunca dari serangan ion-ion klorida yang menghasilkan liang-liang halus pada permukaan keluli. Keluli pengukuh mula mengalami kakisan apabila kepekatan ion klorida mencapai nilai ambang iaitu 0.06 % per jisim konkrit bagi klorida larut-air dan 0.30 % per jisim konkrit bagi klorida larut-asid.

Abstract

The caused of corrosion on reinforcing steel embedded in concrete made with ordinary Portland cement (OPC) and sulfate resistance Portland cement (SRPC) were studied. Steel samples were placed in marine atmospheres at Pantai Batu Uban Gelugor. The corrosion of reinforcing steel seems to be influenced by the type of cement, thickness cover, zone of exposure and duration of exposure. The reinforcing steels were seriously corroded in tidal zone, followed by splash zone, immersed and atmospheric zone. Penetration rates of chloride into concrete were analysed by 3 methods. They were potentiometric titration method, Volhard titration method and ion chromatograph method. Ion chromatograph was the best method which was easy to operate and showed an exact results. Pitting corrosion was the main type of corrosion occurring in steel. It happened due to the attack of chloride ion on the surface of steel, subsequently creating small holes on the attacked steel. After finishing this investigation it was found that the threshold chloride concentration that was necessary to initiate corrosion was 0.30 % acid-soluble chloride ions by mass of concrete or 0.06 % water-soluble chloride ions by mass of concrete.

SENARAI RAJAH	m/s
1.2 Ilustrasi teori pemendakan dan pembentukan lapisan pasif	9
2.1 Pembahagian panjang spesimen kepada zon-zon kajian	20
2.2 Struktur 3 dimensi bahagian, depan dan belakang spesimen konkrit	21
2.3 Struktur 3 dimensi kayu penyokong spesimen konkrit ujian pasang surut air laut	22
2.4 Radas yang digunakan dalam kaedah pentitratan potensiometrik	26
2.5 Radas bagi kaedah Volhard	30
2.6 Radas bagi analisis kaedah Kromatografi Ion	32
3.1 Susunan radas HIC-6A (Peralatan Krom. Ion)	40
3.2 Analisis piawai anion organik	44
4.1 Suatu ilustrasi menunjukkan lapisan oksida pelindung cuba dipecahkan oleh ion klorida	57
4.2 Suatu ilustrasi menunjukkan ion-ion klorida telah berjaya memecahkan lapisan pasif	58
4.3 Spesimen konkrit yang mengalami pengkaratan	61

SENARAI JADUAL	m/s
2.1 Perincian Campuran	15
2.2 Komposisi kimia keluli pengukuh konkrit	16
4.1 Kesan zon-zon pendedahan terhadap penembusan ion klorida ke dalam konkrit	46
4.2 Kesan ketebalan konkrit terhadap penembusan ion pada zon ombak dengan ketebalan 30 mm dan 50 mm	46
4.3 Kepekatan ion klorida bagi setiap zon pada selang masa 3, 6, 12 dan 24 bulan (kaedah kromatografi ion)	48
4.4 Data-data hasil dari pentitratan potensiometrik dan Volhard bagi sampel-sampel karat dan tidak karat	61
4.5 Data-data hasil dari analisis kromatografi ion bagi sampel-sampel karat dan tak karat	62

SENARAI GRAF	m/s
1.1 Ciri kakisan bagi sesuatu logam	6
2.1 Garis lengkung pentitratan potensiometrik	25
3.1 Pempilaveian larutan 0.1 M AgNO ₃ dengan 0.1 M NaCl	35
4.1 Kepekatan ion klorida pada setiap zon selepas selepas 12 bulan (konkrit OPC)	50
4.2 Kesan ketebalan konkrit terhadap penembusan ion klorida pada zon ombak selepas 12 bulan	51
4.3 Kepekatan ion klorida bagi konkrit OPC dan SRPC selepas 24 bulan	52
4.4 Kepekatan ion klorida pada setiap zon pendedahan selepas 24 bulan	54

Objektif-objektif kajian

1. Mengkaji kadar penembusan ion klorida dalam konkrit bagi mengetahui tahap kakisan atau keadaan keluli tersebut yang terdedah pada persekitaran marin.
2. Menentukan kepekatan ion klorida yang boleh menyebabkan kakisan
3. Mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi penembusan ion klorida ke dalam konkrit .
4. Mengkaji kaedah yang sesuai digunakan bagi menentukan ion klorida yang telah membaur ke dalam konkrit bertulang.

BAB 1. PENGENALAN.

Kakisan keluli pengukuh di dalam konkrit merupakan masalah yang begitu serius di persekitaran marin. Air laut yang berklorida mempercepatkan proses kakisan berliku. Masalah ini begitu merunsingkan terutamanya bagi mereka yang terlibat secara langsung dalam urusan pembinaan jambatan, jeti, pelabuhan, bangunan-bangunan di kawasan pantai dan pelantar carigali minyak di luar pantai. Akibatnya sudah pasti memerlukan kos pembinaan dan pembiayaan yang tinggi. Negara-negara maju seperti Amerika Syarikat, England, Jepun dan Korea telah lama menyedari akan hakikat ini dan telah membuat penyelidikan terlebih dahulu. Di Malaysia kajian terhadap kakisan ini merupakan bidang yang agak baru kerana tidak ramai penyelidik yang berminat. Keadaan ini timbul adalah disebabkan kos pembiayaan yang tinggi diperlukan bagi menyediakan sampel-sampel dan memerlukan masa yang agak lama untuk mengumpukan hasil serta mendapatkan keputusan. Namun kebelakangan ini kajian tentang kakisan ini menjadi penting memandangkan banyaknya projek yang telah dan akan dilaksanakan oleh kerajaan mahupun pihak swasta, yang mana melibatkan pembinaan konkrit berstruktur di persekitaran marin.

Pada amnya konkrit bertulang merupakan struktur yang tahan lasak kerana ia tidak mudah rosak, dijangkakan

hanya memerlukan penyelenggaraan yang minimum untuk sesuatu struktur binaan itu selesai dibina. Walau bagaimanapun terdapat banyak struktur binaan konkrit yang mengalami kerosakan. Umumnya kerosakan terjadi adalah disebabkan kakisan yang berlaku pada keluli pengukuh konkrit tersebut. Apabila keluli pengukuh terkakis isipadu hasil kakisan adalah $\approx 4 \times$ ganda daripada isipadu keluli yang tidak berkarat. Keadaan ini menyebabkan adanya tekanan dari arah dalam konkrit yang boleh mengakibatkan berlakunya keretakan pada konkrit. Setelah keretakan terjadi, maka proses seterusnya akan berlaku semakin cepat dan akhirnya lapisan konkrit itu merekah dan menyerpih menyebabkan berkurangnya kekuatan struktur konkrit tersebut.

Penyebab utama kakisan pada konkrit bertulang di persekitaran marin ialah ion klorida. Ini adalah kerana ion klorida yang agresif itu mampu merosakkan lapisan pasif atau oksida besi ($\frac{1}{2} \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang melindungi keluli pengukuh tersebut daripada terkakis. Daripada kajian yang telah dilaporkan oleh Stratfull dan Spellman [2] didapati bahawa apabila jumlah klorida di dalam konkrit mencapai 0.025 % per jisim konkrit maka keluli tersebut di dapati berkarat. Berman [1] pula melaporkan bahawa kepekatan klorida ambang yang menyebabkan karat ialah 0.02 M atau 700 ppm.

1.1 Kakisan Keluli Penyokong Konkrit

Kebanyakan konkrit dari simen Portland (PC) mempunyai pH > 12.0 bergantung kepada jenis-jenis simen. Dengan nilai pH yang tinggi keluli adalah terlindung daripada berkarat. Ini adalah disebabkan terbentuknya lapisan oksida yang mampu bertahan pada persekitaran mengkakis. Walau bagaimanapun terdapat beberapa faktor yang boleh mempengaruhi ketahanan keluli iaitu; jenis simen, jenis agregat, nisbah air/simen, ketebalan konkrit yang melindungi keluli, permukaan keluli dan kehadiran ion-ion agresif seperti Cl⁻, Br⁻, dan I⁻. Kehadiran kelembapan, gas-gas tertaut dan ion-ion agresif akan menurunkan nilai pH di antara 9 - 10 di mana kakisan mula terjadi.

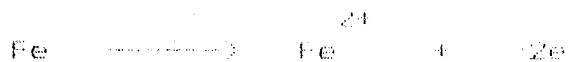
Stratton melaporkan bahawa pertambahan kadar kakisan bersepadan dengan pertambahan nilai potensial kakisan jika nilai potensial kakisan lebih positif daripada - 0.22 V relatif terhadap elektrod kalomel (SCE) didapati bahawa keluli berada di dalam keadaan pasif. Bila nilai potensial lebih negatif dari - 0.27 V (SCE), kakisan aktif akan berlaku. Sementara di antara - 0.22 dan - 0.27 V keadaan mungkin aktif atau pasif. Secara amnya nilai negatif potensial yang menyebabkan kakisan keluli di dalam konkrit adalah - 0.31 V (SCE).^{16]}

1.2 Tindakbalas Elektrokimia Dan Kakisan.

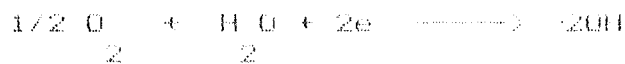
Kakisan keluli dalam konkrit berlaku secara tindakbalas elektrokimia. Kakisan merupakan suatu proses pemusnahan bahan yang disebabkan oleh tindakbalas di antara bahan dengan kelembapan di persekitarannya. Sekiranya suatu logam besi berada dalam medium mengkakis, proses pengoksidaan dan penurunan akan berlaku serentak di permukaan logam besi tersebut.

Tindakbalas yang terlibat :

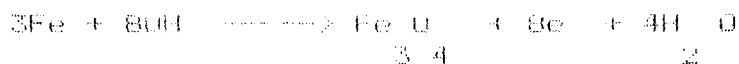
Tindakbalas anodik,



Tindakbalas katodik,



Ion logam dan ion hidroksil boleh bertindak bersama untuk membentuk logam hidroksida iaitu :



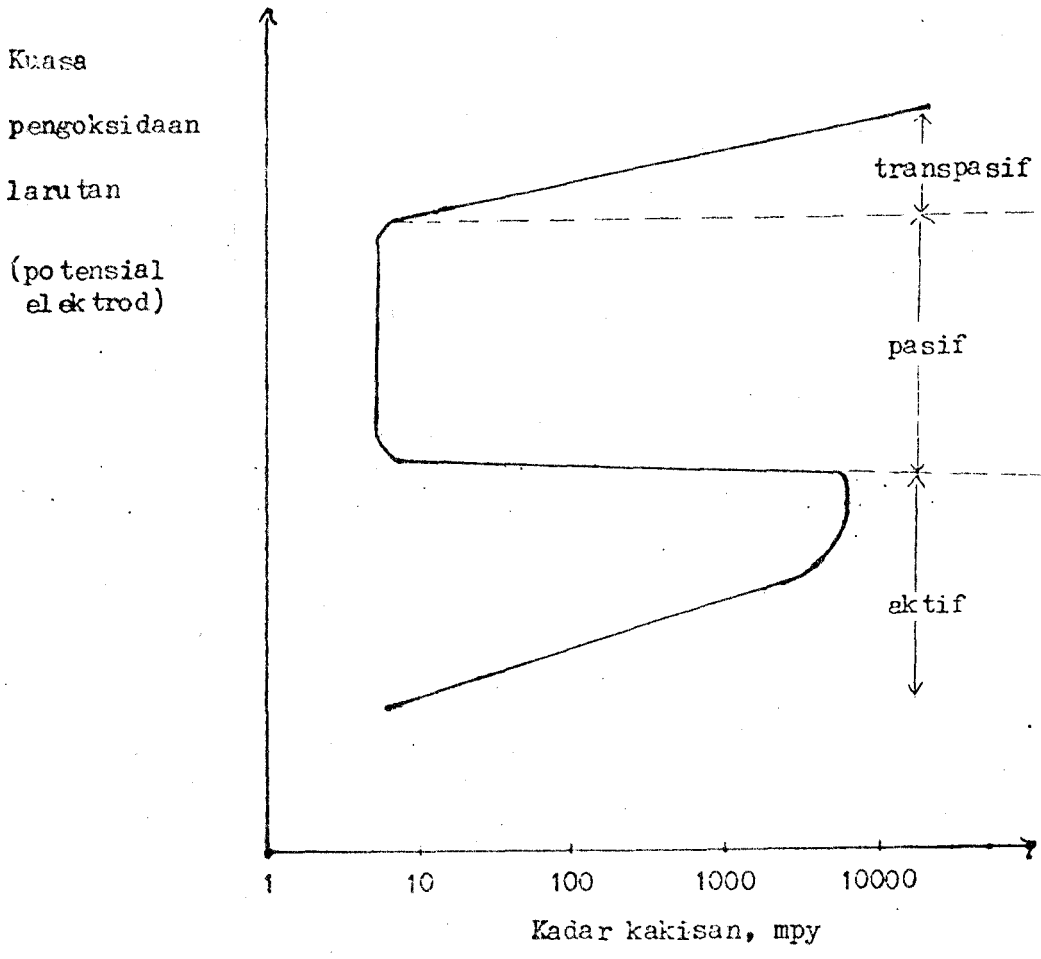
$\text{Fe}(\text{OH})_2$ berwarna perang kemerahan dan Fe_3O_4 yang

berwarna hitam merupakan hasil-hasil kakisan.

1.3 Kepasifan.

Kepasifan dapat ditakrifkan sebagai kehilangan aktiviti kimia yang dialami oleh logam atau aloi di bawah keadaan persekitaran yang tertentu. Kepasifan terhadap logam dan aloi agak sukar untuk dijelaskan dengan tepat kerana tabiinya kompleks dan keadaan spesifik di mana ia berlaku. Sesetengah logam dan aloi akan menjadi lengai setelah di dedahkan kepada persekitaran tertentu. Kelengaian logam ini adalah disebabkan terbentuknya suatu lapisan oksida di permukaan logam itu. Lapisan ini bertindak sebagai pelindung iaitu menghalang dari berlakunya kakisan. Lapisan oksida ini dapat dikekalkan sekiranya ia stabil dari segi kimia serta fizikalnya dan tidak diganggu oleh ion-ion agresif seperti Cl^- , Br^- dan I^- . Lapisan oksida ini biasanya dihasilkan pada bahagian anodik.

Besi menjadi pasif apabila di rendamkan di dalam asid nitrik pekat kerana suatu lapisan terik oksida yang nipis terbentuk. Bagi menjelaskan kepasifan sesuatu logam, perlu melihat kepada rajah 1.1. Kelakuan logam atau aloi ini boleh dibahagikan kepada tiga kawasan iaitu aktif, pasif dan transpasif.



Rajah 1.1 : Ciri kakisan bagi suatu logam

Pada kawasan aktif, kelakuan logam ini sama dengan kelakuan logam normal. Dengan menaikkan sedikit kuasa pengoksidaan, akan menyebabkan kenaikan mendadak dalam kadar kakisan. Sekiranya lebih banyak agen pengoksidaan yang ditambah, penurunan kadar kakisan berlaku dengan cepat kerana terbentuknya kawasan pasif. Pertambahan agen pengoksidaan seterusnya akan menyebabkan kadar kakisan bertambah sedikit. Pada kepekatan agen pengoksidaan lebih tinggi, kadar kakisan bertambah semula dengan pertambahan kuasa pengoksidaan larutan. Kawasan ini dikenali sebagai kawasan transpasif.

Rockris menjelaskan bahawa kapasitan dapat di letakkan dengan 2 teori iaitu teori kapasitan-penjerapan dan teori pemendapan dan pembentukan lapisan pasif. [1]

1.3.1 Teori Kapasitan-penjerapan

Teori ini menyatakan bahawa kehadiran ion hidroksil atau partikel lain yang mengandungi oksigen, boleh menutupi permukaan logam dan terjerap di atas permukaan logam dengan pertambahan ke arah nilai positif potensial.

1.3.2 Teori pemendapan dan pembentukan lapisan pasif

Penghantaran ion-ion logam oleh ion hidroksil dan oksigen mengakibatkan pemelarutan logam. Peningkatan kepekatan ion Fe^{2+} serta tindakbalas dengan ion hidroksil

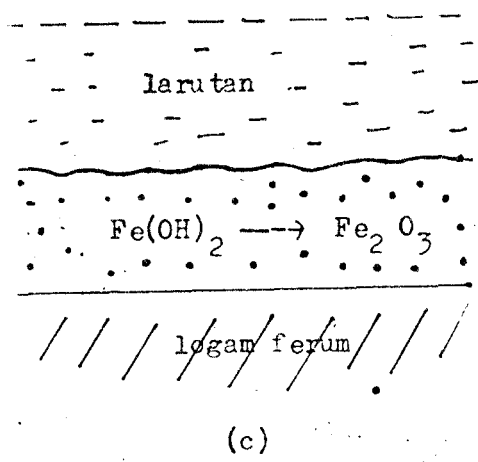
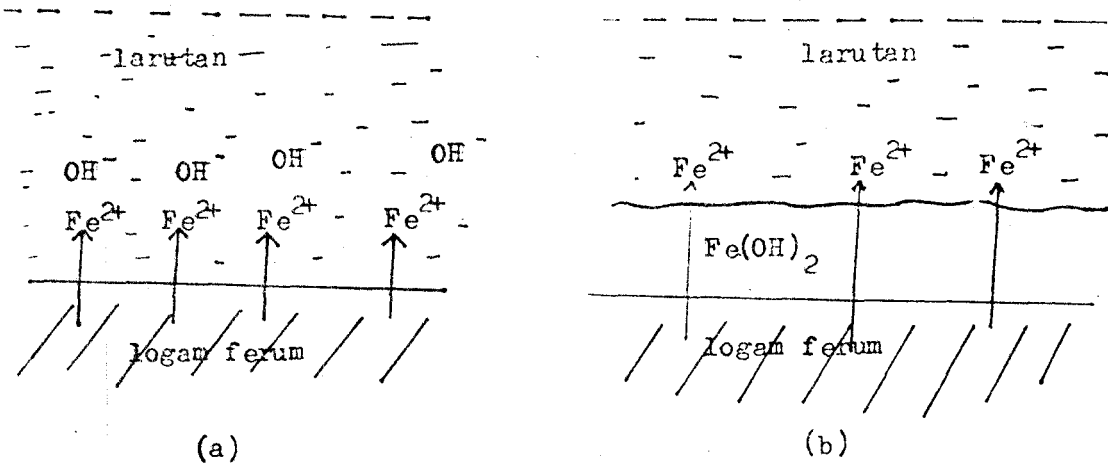
akan menghasilkan mendakan berbentuk agar-agar yang menyaluti permukaan logam. Ianya adalah $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Pengoksidan $\text{Fe}(\text{OH})_2$ akan menghasilkan Fe_2O_3 . Lapisan ini akan memberhentikan pemelarutan logam. Suatu ilustrasi ditunjukkan pada gambarajah 1.1 (a, b, c).

1.4 Mekanisme Kakisan Keluli Pengukuh.

Kesan ion klorida terhadap kakisan keluli pengukuh dijelaskan oleh 3 teori iaitu: teori lapisan oksida, teori penjerapan dan teori pembentukkan kompleks.

1.4.1 Teori lapisan oksida

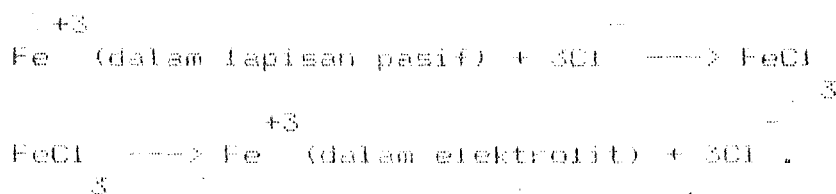
Pada amnya konkrit berperanan sebagai pelindung kepada keluli pengukuh agar ianya tidak terkakis. Keadaan ini adalah disebabkan nilai pH yang melebihi 12.5 iaitu dalam julat 12.5 - 13.7. pH yang tinggi (persekitaran alkali) menghasilkan lapisan pasif $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dengan ketebalan 20-50 Å menjadi pelindung kepada keluli tersebut agar tidak terkakis. Lapisan oksida pada permukaan keluli ini menyebabkan kapasitan logam dan boleh menghalang kakisan dari berlaku. Keluli pengukuh akan tetap terlindung sehinggalah pH jatuh ke satu paras iaitu $\text{pH} < 9.9$. Kejatuhan nilai pH ini adalah disebabkan oleh ion-ion klorida, sulfat dan dibantu oleh gas-gas terlarut seperti oksigen dan karbon dioksida yang menembusi liang-liang



Rajah 1.1 (a),(b),(c) Ilustrasi teori pemendakan & pembentukan lapisan pasif

halus pada konkrit lalu bertindakbalas dengan bahan konkrit. Bahan konkrit berkurangan dan ini akan menjatuhkan nilai pH. Teori ini menganggap bahawa ion klorida lebih berupaya menembusi lapisan oksida berbanding dengan ion-ion lain.

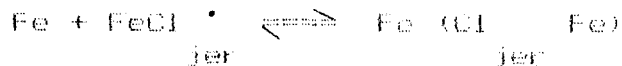
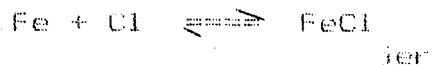
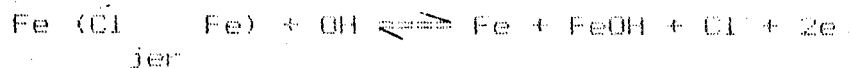
Mekanisme yang dicadangkan oleh R.J Foley [3] :



1.4.2 teori penyerapan

Bukti dari eksperimen menunjukkan bahawa kehadiran ion klorida dan anion lain seperti ion hidroksid dan oksigen adalah mempengaruhi proses penyerapan. Menurut Uhlig [4] ion klorida begitu cenderung untuk terjerap dan memusnahkan lapisan pasif. Ion klorida terpaksa bersaing dengan ion hidroksid dan oksigen untuk terjerap di atas permukaan logam dan kemudiannya menyingkirkan spesies pasiviti (ion hidroksid dan oksigen) tersebut. Oleh kerana kadar tindakbalas tinggi di antara logam-klorida, klorida tidak terjerap secara kekal tetapi membentuk spesies terlarut yang mempercepatkan kakisan liang berlaku, mengakibatkan pemelarutan logam.

Mekanisme yang dicadangkan :



1.4.3 teori pembentukkan kompleks

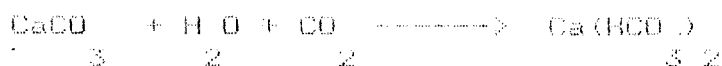
Menurut teori ini ion klorida bersaing dengan ion hidroksil menghasilkan kompleks terlarut ferum-klorida di kawasan anod. Kompleks ini tersebar dan memusnahkan lapisan-pasif dan membenarkan kakisan berlaku secara berterusan. Apabila kompleks terurai, ion klorida bebas akan melarutkan ferum lantas membentuk ferum oksida (karat).

1.5 Kesan gas-gas terlarut

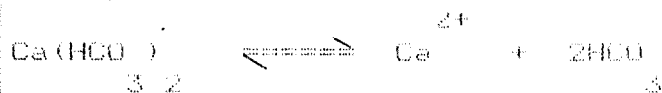
1.5.1 Karbon dioksida (CO₂)

Gas karbon dioksida wujud sebanyak 0.3% daripada kandungan udara kasa. Dalam air laut peratusan ini menjadi semakin kecil kerana sebahagiannya telah bertindakbalas dengan air membentuk karbonat (CO₃²⁻) dan asid karbonik (HCO₃⁻). Oleh itu resapan gas karbon dioksida dalam bentuk CO₂ ke dalam konkrit tidak begitu memberi kesan kepada komposisi konkrit.

Proses pengkarbonatan adalah seperti berikut :



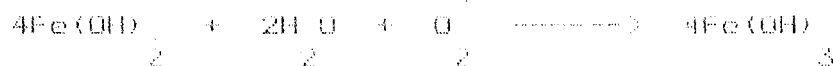
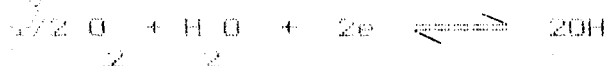
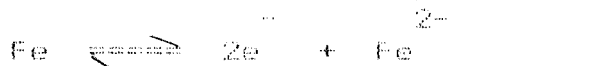
Dengan kehadiran air, hablur kalsium bikarbonat akan mengion seperti di bawah :



Asid karbonik (H_2CO_3) yang terbentuk akan merendahkan pH konkrit di sekitar keluli pengukuh. Ini menyebabkan proses kakisan dipercepatkan.

1.5.2 Oksigen (O_2)

Oksigen pula menempati sebanyak 22.9% daripada kandungan udara. Kocakan ombak menyebabkan keterlarutan oksigen di udara adalah tinggi. Oksigen yang berseketu dengan air akan meresap masuk ke dalam konkrit dan bertindakbalas dengan besi seperti berikut :



Fe(OH)_3 adalah sejenis karat merah.

1.6 Limit ion klorida dalam konkrit pengukuh.

Berdasarkan kepada data-data penyelidikan yang terdahulu nilai kepekatan ambang bagi ion klorida yang mampu memusnahkan lapisan pasif γ -Fe₂O₃ adalah 700 ppm [1].

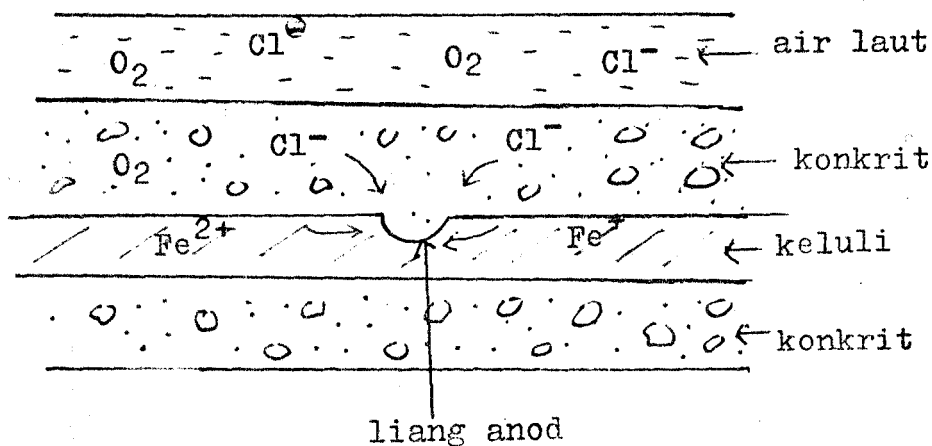
23

Hasil kajian oleh Federal Highway Administration (USA), menunjukkan nilai ambang klorida yang menyebabkan kakisan ke atas konkrit adalah 0.20% bagi klorida larut-asid per jisim simen. Nilai ini sudah mencukupi untuk memulakan kakisan liang terhadap keluli dalam konkrit yang terdedah kepada serangan ion klorida. Bagi kod Nasional limit klorida berbeza secara meluas. ACI 318 membenarkan sebanyak 0.06% ion klorida maksima terkandung dalam konkrit pra-terikan, 0.15% bagi keluli pengukuh konkrit yang terdedah kepada serangan ion klorida dan 0.30% untuk semua binaan konkrit yang lain. Bagi kod British pula, CP 110 membenarkan kandungan klorida sebanyak 0.35% dalam konkrit pengukuh dan 0.10% dalam konkrit pra-terikan. Seterusnya kod Norwegian, NS 3474 membenarkan sebanyak 0.60% klorida untuk konkrit pengukuh yang dibina dari simen Portland. Tetapi hanya 0.002% ion klorida bagi konkrit pra-terikan. Sementara peralatan ASTM C114 mencadangkan 0.08% dan 0.20% klorida untuk pra-terikan dan konkrit pengukuh. Jepun pula mencadangkan garis panduan macam mana untuk menghalang kakisan di kawasan marin. Struktur konkrit pengukuh menunjukkan bahawa nilai ambang

3
 klorida dalam konkrit adalah 0.30 kg/m³ atau 0.10% klorida per jisim simen. [81]

1.7 Kakisan Liang

Kewujudan ion klorida dalam kuantiti tertentu boleh menyebabkan kakisan liang terjadi. Kakisan liang merupakan lubang atau liang halus yang menembusi permukaan logam akibat dari serangan ion klorida. Semasa proses ini berlaku lapisan pasif akan bertindak sebagai katod di mana oksigen akan diturunkan dan keluli sebagai anod akan terkakis. Kakisan berlaku pada suatu kawasan yang kecil iaitu di tengah-tengah anod. Suatu skematik ditunjukkan pada gambarajah 1.2 di bawah. Larutan asid $FeCl_2$ akan terhasil pada liang anod. Kehadiran ferus klorida, $FeCl_2$ menurunkan kealkalian larutan. Pengurangan kealkalian menyebabkan lapisan oksida pelindung di musnahkan.



Rajah 1.2 : Suatu skematik kakisan liang

**BAB 2.0 KAEDAH PENYEDIAAN SPESIMEN KONKRIT DAN TEKNIK
ANALISIS ION KLORIDA.**

2.1 Campuran konkrit.

Campuran konkrit adalah satu langkah yang penting untuk menghasilkan komponen konkrit tahan lasak yang boleh bertahan dalam tempoh tertentu. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pencampuran adalah kekuatan kompresif (sasaran bermakna), jenis simen, jenis agregat dan nisbah air/simen. Jadual 2.1 dibawah menunjukkan data dan sifat campuran spesimen konkrit bagi kedua-dua jenis simen iaitu simen Portland biasa (OPC) dan simen Portland rintangan sulfat (SRPC).

Jadual 2.1 : Perincian Campuran Konkrit

Kadar	Nisbah campuran menurut jisim
Simen : Agregat Agregat; kasar : halus Air : Simen	1 : 5 2 : 1 0.50
Ukuran agregat Simen	maksimum $\emptyset = 20\text{mm}$ OPC dan SRPC
Kandungan Simen Purata kekuatan kompresif setelah 28 hari	390 Kg m^{-2} 33 Nmm^{-2} (OPC) 30 Nmm^{-2} (SRPC)
Kandungan klorida (% berat konkrit)	1.70 x 10 ⁻² % (OPC) 6.00 x 10 ⁻³ % (SRPC)

2.2 Komposisi Keluli

Keluli yang digunakan sebagai pengukuh berjejari 9 mm. Komposisi kimianya adalah seperti yang ditunjukkan dalam jadual 2.2 di bawah.

Jadual 2.2 : Komposisi kimia keluli pengukuh konkrit (% wt)

Unsur									
Fe	Mn	Cu	Nb	Mo	Cr	Si	C	S	P
96.96	0.95	0.38	0.18	0.02	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03

2.3 Kaedah Penyediaan Spesimen Konkrit.

Spesimen konkrit pengukuh disediakan dengan mengisi kira-kira setengah ketinggian konkrit basah ke dalam acuan yang terletak di atas meja penggetar. Setelah mengukur ketebalan yang dikehendaki keluli pengukuh ditenamkan. Kemudian konkrit basah diisi lagi sehingga penuh dan digetar semula. Spesimen konkrit basah yang telah siap dituang ditinggalkan semalaman di dalam bilik wap dengan nilai kelembapan relatif 80% supaya pengerasan berlaku. Setelah itu barulah dibuka dan dirawat dalam kolam air paip.

2.4 Tempoh rawatan

Tempoh rawatan merupakan suatu jangkamasa di mana pembentukkan kristal-kristal bahan simen adalah lengkap dan sempurna. Semua spesimen konkrit dirawat dalam kolam air paip. Tempoh minima perendaman adalah selama 28 hari atau 1 bulan sudah mencukupi untuk mencapai kekuatan 30 N/mm^2 .

2.5 Tandaan spesimen

PC 34/B/0- bermaksud simen yang digunakan adalah jenis simen Portland (Portland Cement). Spesimen ini diambil pada kali ke-3 iaitu setelah 12 bulan didedahkan pada lokasi kajian, iaitu zon ombak (B). Keluli pengukuh dilindungi oleh konkrit berjejari 40 mm(4) mengikut garis lintangnya dan 0 pula menunjukkan kedalaman di permukaan konkrit.

SR 43/C/1- bermaksud simen yang digunakan adalah dari jenis simen Portland rintangan sulfat (SRPC). Spesimen ini adalah spesimen yang ke-4 iaitu setelah 18 bulan didedahkan pada lokasi kajian, iaitu zon terendam (C). Keluli pengukuh dilindungi oleh konkrit berjejari 30 mm(3) mengikut garis lintangnya dan 1 pula menunjukkan kedalaman pada 10 mm dari permukaan konkrit.

2.6 Zon-zon Pendedahan

2.6.1 Zon atmosfera (Zon A)

ditakrifkan sebagai zon di paras atas permukaan air. Perwapan air laut, hujan dan panas, suhu yang pada siang hari dan malam yang dingin adalah ciri-ciri persekitaran udara laut. Struktur binaan akan mengalami proses pengembangan dan pengecutan yang kerap. Biasanya zon ini melingkungi 3-5 meter dari paras permukaan laut tenang.

2.6.2 Zon percikan ombak (Zon B)

ditakrifkan sebagai kawasan di mana gelombang air laut pecah dan terpercik menjadi butir-butir halus. Kadar keterlarutan gas di sini adalah tinggi. Binaan konkrit yang berada pada zon ini tidaklah sentiasa terendam atau terdedah pada udara laut. Ciri basah dan kering ini sangat mempengaruhi ciri fizikalnya. Zon ini merangkumi ketinggian 3 meter dari permukaan air dan 0.5 - 1 meter dari laut tenang.

2.6.3 Zon perendaman (Zon C)

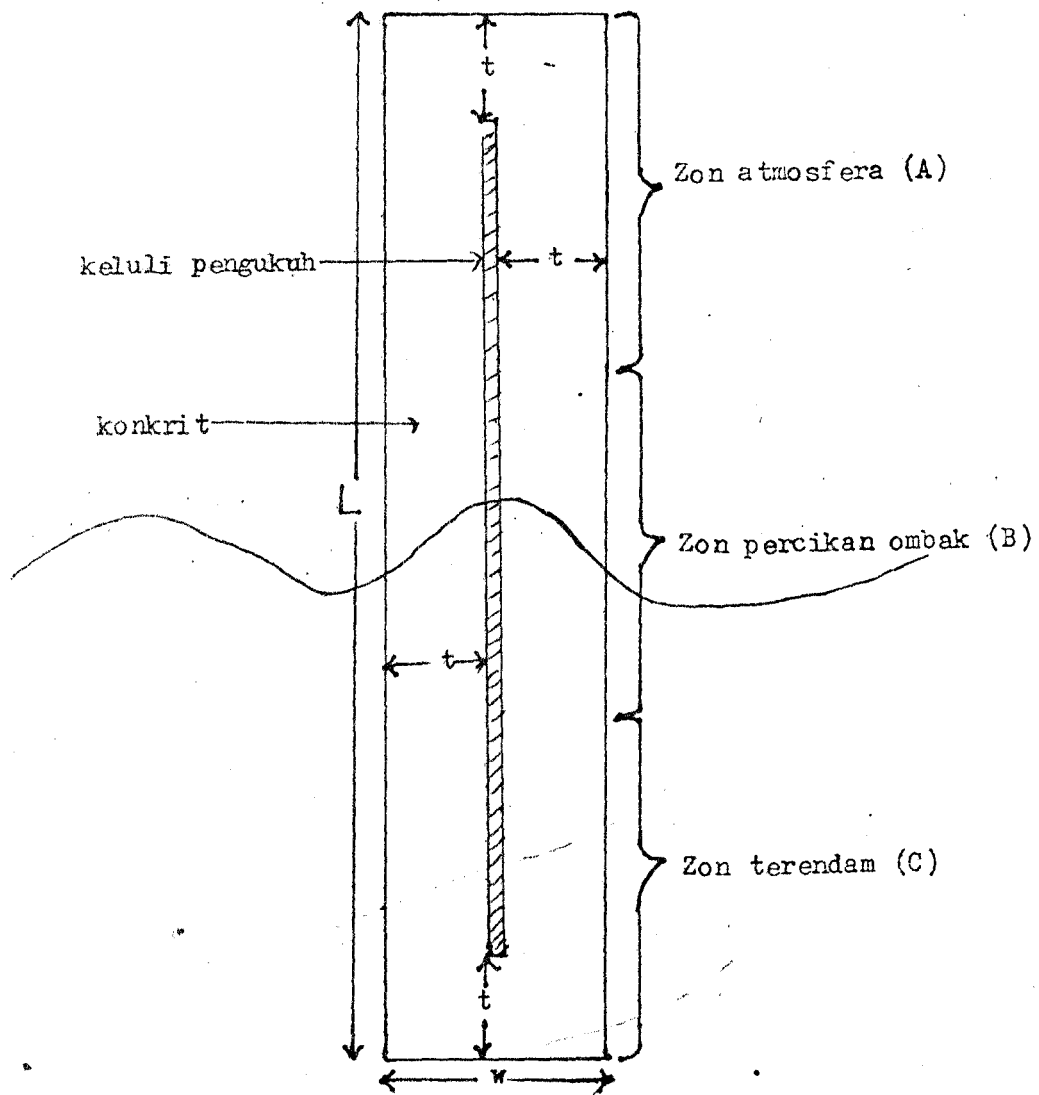
ditakrifkan sebagai keadaan suatu binaan konkrit yang sentiasa dipengaruhi oleh air laut. Dengan kepekatan garam yang tinggi, peresapan ion-ion klorida, sulfat, karbonat dan gas-gas yang terlarut ke dalam air laut seperti karbon dioksida, oksigen, nitrogen dan lain-lain adalah ciri-ciri utama yang mempengaruhi kakisan keluli

penguat.

2.6.4 Zon pasang-surut (Zon D)

Pasang penuh, paras statik dan surut jauh adalah masa-masa ketara yang mencirikan zon ini. Binaan konkrit pada zon ini selalunya akan mengalami keadaan kering dan basah pada selang masa yang agak lama mengikut ketigatiga masa yang ketara di atas.

Spesimen konkrit bertulang keluli ujikaji berukuran 115 cm panjang dengan ketebalan lapisan konkrit 30, 40, 50 dan 60 mm telah dibina untuk masing-masing jenis simen Portland biasa (OPC) dan simen Portland rintangan sulfat (SRPC). Gambarajah struktur spesimen konkrit dan zon-zon pendedahan ditunjukkan dalam rajah 2.1 dan 2.2.

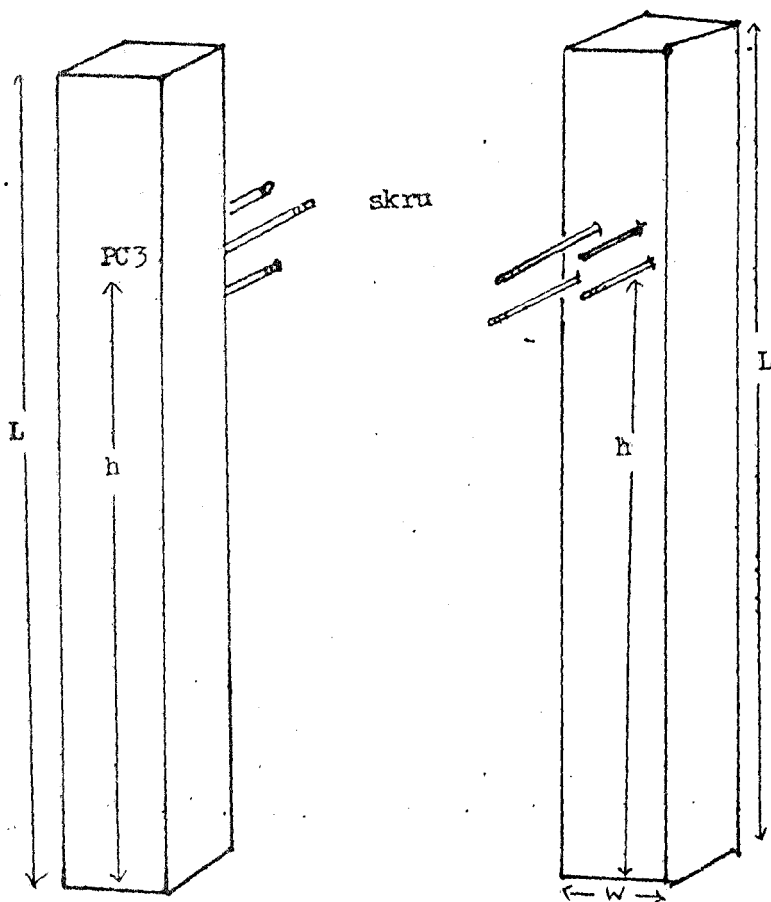


$$t = 15, 30, 40, 50 \text{ \& } 60 \text{ mm}$$

$$l = 4' - 2t$$

$$w = 2t + 9 \text{ mm}$$

Rajah 2.1 : Pembahagian panjang spesimen kepada zon-zon kajian .



Pandangan hadapan

Pandangan belakang

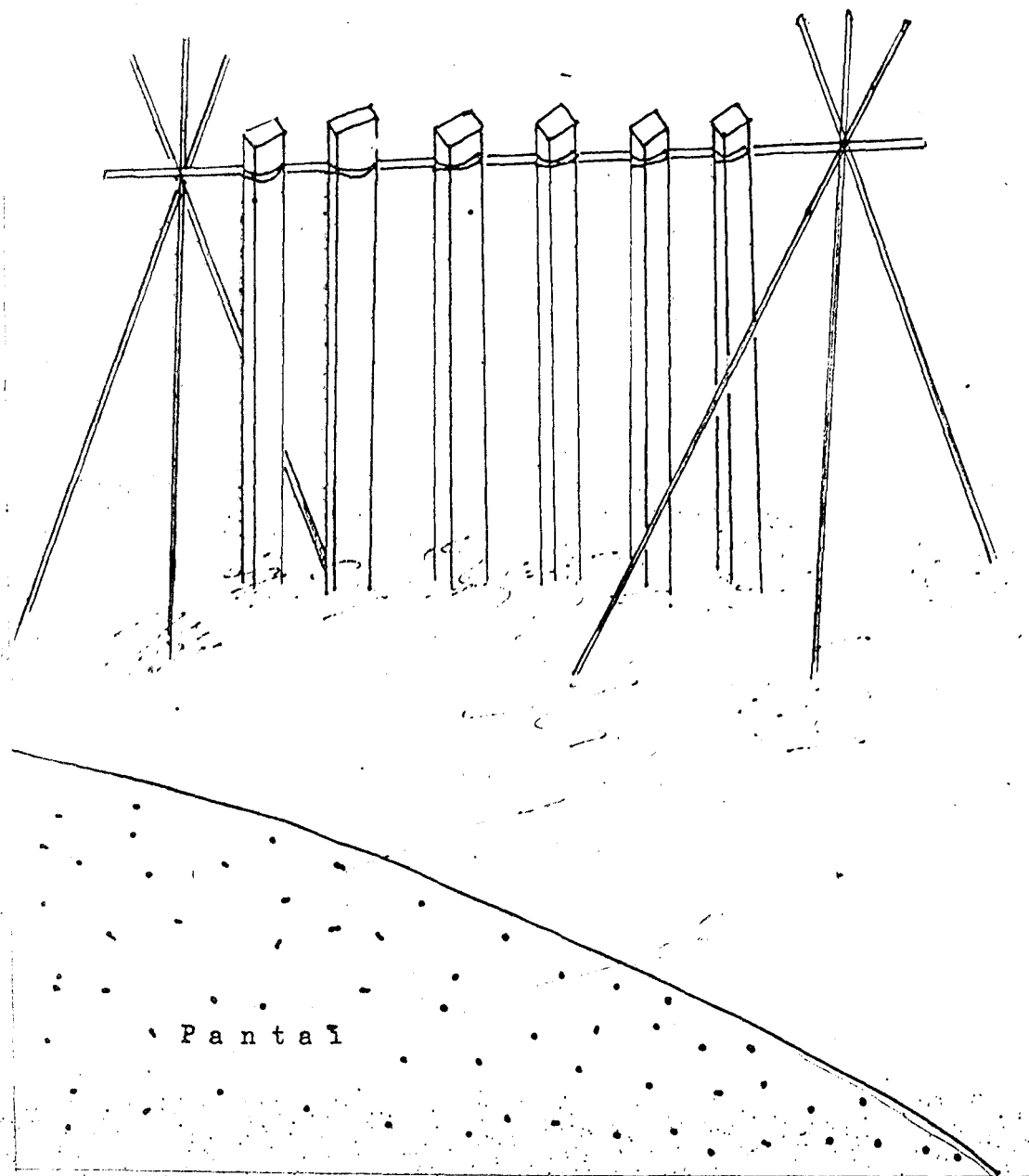
$$w = 2t + 9 \text{ mm}$$

$$t = 15, 30, 40, 50 \text{ \& } 60$$

$$L = 4 \text{ kaki}$$

$$h = 3 \text{ kaki}$$

Rajah 2.2 : Struk tur 3 dimensi bahagian depan dan belakang spesimen konkrit .



Rajah 2.3 : Struktur 3 dimensi kayu penyokong spesimen konkrit ujian kesan pasang surut air laut .

2.7 Teknik-Teknik Analisis Ion klorida Dalam Makmal

Spesimen-spesimen konkrit diambil dari pelantar pendedahan setelah didedahkan selama selang masa 3, 6, 12 dan 24 bulan untuk analisis penembusan ion klorida dan kakisan ke atas keluli.

Penganalisaan klorida di dalam makmal dijalankan dengan 3 kaedah, iaitu kaedah pentitratan potensiometrik, kaedah volhard dan kaedah kromatografi ion.

2.7.1 Kaedah Potensiometrik

Prinsip asas tentang pentitratan potensiometrik melibatkan pengukuran perbezaan potensial di antara potensial elektrod rujukan (elektrod kaca) dengan elektrod penunjuk (elektrod logam Ag). Perbezaan potensial terhasil akibat berlaku pertukaran kepekatan spesies ion (ion halida) di dalam larutan yang diselidiki dengan elektrod rujukan. Pemendakan ion argentum dengan ion klorida diwakili oleh persamaan di bawah :



Apabila pentitratan dilakukan, kepekatan Ag menurun di dalam larutan, tindakbalas redoks Ag/Ag akan berlaku dan potensial di sebelah argentum akan berubah mengikut persamaan Nernst :

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = E^\circ_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} - 0.0592 \log 1/[\text{Ag}^+]$$

Dalam kaedah pentitratan potensiometrik di mana ion klorida dititrat dengan garam Ag dan dawai perak digunakan sebagai elektrod penunjuk. Potensial dawai perak ini akan bertukar dengan kepekatan ion Ag^+ dalam larutan yang diuji. Pada peringkat permulaan, ion Ag^+ dalam larutan dikawal oleh keterlarutan mendakan AgCl . Setelah sampai ke titik setara, larutan yang diuji mengandungi lebih ion Ag^+ dan ini akan menyebabkan pertambahan perbezaan potensial yang cepat dan tinggi.

Bagi tujuan pentitratan perbezaan potensial (ΔE) adalah dianggap sebagai ukuran yang penting. Oleh sebab itu elektrod kaca yang digunakan mesti sensitif, baik dan tetap semasa analisis dilaksanakan. Biasanya elektrod kaca itu boleh dijadikan lebih sensitif dengan mengaktifkan elektrod itu dengan 0.1M HCl.

Perbezaan potensial diantara elektrod rujukan dan elektrod penunjuk diukur menggunakan alat potensiometer yang mempunyai kerintangan yang tinggi. Dalam pentitratan potensiometrik, takat akhir dikesan dengan menentukan perubahan yang agak besar dalam keupayaan berlaku apabila titran ditambah. Graf 2.1 menunjukkan kelerengan suatu lengkungan pentitratan iaitu perubahan dalam keupayaan dengan perubahan isipadu ($\Delta E/\Delta V$) melawan isipadu titran. Lengkungan yang dihasilkan meningkat ke suatu maksima pada takat kesetaraan. Isipadu takat kesetaraan ditentu-