

## 멀티스케일 기계설계 전공 (Multiscale Mechanical Design)

4461.510 마이크로시스템계측 3-3-0

## Micro System Measurements

본 과목에서는 마이크로/나노스케일에서의 물성, 온도 등 물리량을 계측하는 원리와 기법에 대하여 학습한다. 구체적으로는 원자현미경을 이용한 주사탐침열현미경의 원리와 피동적 방법에 의한 온도측정방법, 능동적 방법에 의한 물성 측정방법, 점가열 및 점센싱 방법, 측정 정밀도를 증가시키기 위한 방법, 공기로의 전도를 제거하기 위한 이중주사기법 등을 포함한다.

The course covers measurement principles and methods for thermophysical properties and temperature at micro/ nanoscales. It focuses on the principle of scanning thermal microscopy by using atomic force microscopy, temperature measurement by passive technique and property measurement by active technique, point heating and point sensing technique, improvement of measurement accuracy, and double scanning method for removing conduction effect through air.

4461.511 멀티스케일열전도 3-3-0

## Multiscale Heat Conduction

에너지전달자의 특성길이가 파장에서부터 연속체 가정이 성립하는 평균자유이동거리보다 큰 시스템에 이르기까지의 멀티스케일 현상에 대한 열전도 현상을 다룬다. 연속체 영역에서의 Fourier법칙과 나노영역에서의 Boltzmann 방정식의 해법을 브릿징하는 기법에 대하여 학습한다.

Multiscale conduction covers conduction heat transfer in a multiscale system where the mean free path of energy carrier ranges from its wavelength to the continuum regime. Main objective of this course is to learn the bridging method between the Fourier law in the continuum regime to statistical approach such as Boltzmann transport equation at nanoscales.

4461.512 멀티스케일복사 3-3-0

## Multiscale Radiation

복사열전달에 대한 기본이론과 나노구조물에서의 복사물설치, 그리고 인접영역의 에너지 전달에 대하여 학습한다. 전자기파의 거동, 포톤전달, 내부전반사, 포톤터널링, 파장과 방향에 대한 제어, 나노스케일 간격에서의 Planck 법칙의 한계 등에 대하여 다룬다.

The course covers fundamental theory on radiation transfer, radiative properties of nanoscale structures, and near field radiation. The contents include characteristics of electromagnetic wave propagation, photon transport, internal total reflection, photon tunneling, control of wavelength and direction, and limitation of the Planck's law at nanoscale gap.

4461.513 분자운동론및통계열역학 3-3-0

## Microscale Gas Dynamics And Statistical Thermodynamics

분자들의 거동에 관한 기본 법칙들을 이해하고, 이러한 거동이 분자들의 에너지 준위 및 열역학적 성질에 미치는 영향에 대하여 고찰한다. 고전적인 방법과 통계적인 방법에 의한 분자

들의 거동을 해석하며, 이를 이용하여 물질의 성질을 고찰한다. 분자들의 다양한 운동 모드 및 이에 따른 에너지 상태를 고찰함으로써 거시적으로 나타나는 물질의 상태를 미시적인 분자운동을 이용하여 예측한다. 분자들의 에너지 분포함수에 대한 개념을 습득하고, 양자역학의 기초 지식을 이용하여 다양한 통계 열역학적 분포 모델을 고찰한다. 기본적인 파티션 함수에 대해 학습하고, 물성에 관한 다양한 응용예를 취급한다.

This course deals with the molecular dynamics and statistical thermodynamics. Fundamental laws of thermodynamics are studied for various real applications. Molecular and statistical approaches to many problems are introduced. Based on the classical thermodynamics, statistical approaches are made and their results are compared with the conventional results. Molecular energy distribution and statistical modeling of gas, solid, and liquid phases are dealt with. Behaviors of diverse materials are also studied intensively.

4461.514 난류유동해석 3-3-0

## Analysis of Turbulent Flow

난류유동에는 다양한 스케일의 에디가 존재한다. 유동장 크기에 해당하는 큰 스케일의 에디부터 난류에너지를 소산시키는 가장 작은 Kolmogorov 스케일까지 넓은 범위에 걸쳐 존재한다. 각각 다른 스케일의 에디가 서로 에너지를 전달하고 받는 과정을 고찰하고, 이를 통하여 전체적인 유동에 미치는 영향을 학습한다. 또한 통계적 방법에 의해 난류유동의 특성을 파악하는 방법도 학습한다.

Turbulent flow contains multiscale eddies from the energy-dissipating Kolmogorov scale to the largest eddy scale corresponding to flow domain. In this course, students learn the characteristics of these eddies, the energy transfer among these scales, and the overall effect of these eddies on the flow. They also learn statistical methods to understand the characteristics of turbulent flow.

4461.515 멀티스케일전산유체역학 3-3-0

## Multiscale Computational Fluid Dynamics

유체유동에는 마이크로 크기에서부터 마크로 크기까지 다양한 형태의 유동이 존재한다. 마이크로 크기의 유체시스템 내부의 유동 해석, 마크로 크기의 유체시스템에서의 유동해석, 난류유동에 존재하는 다양한 스케일의 에디의 거동에 관한 수치해석 등을 학습한다.

There exist various flow characteristics having micron to macro sizes in fluid flows. In this course, students learn numerical methods for solving flows inside fluid systems having micron and macro sizes, and for solving turbulent flows containing various eddy scales.

4461.516 열에너지시스템의 미시해석 및 응용 3-3-0

## Microscale Analysis of Thermal Energy Systems

연료전지의 기본 원리 및 구성에 대하여 고찰하고, 스택의 특성, 공기공급계와 연료공급계의 설계, 열 및 물관리 시스템 운영 등에 대하여 학습한다. 다양한 운전조건에서 연료전지의 마크로 성능을 고찰하고, 이를 향상시키기 위한 방안으로 나노스케일 촉매 분포, 마이크로 구조체 내의 기체 확산, 물 분자의 이동, 영하시의 아이스 클러스터 생성 등에 관해 학습한다.

This course is focused on understanding the fundamentals and basic principles of fuel cell and related systems. Main characteristics of fuel cell stack are studied, and BOP (balance of plant) systems including air supply system, fuel supply system, heat management system, water management system are dealt with. Macroscale behavior of fuel cell system will be interpreted in connection with the microscale phenomena in constituting components. Starting from the thermodynamics, fluid mechanics and heat transfer, complex system is modeled and analyzed.

**4461.520** 연속체역학기초 3-3-0  
Fundamentals on Continuum Mechanics

연속체 역학을 이해하기 위하여 필요한 기하학적 방정식들과 힘, 에너지 등 보존 방정식에 대해서 공부한다. 기하학적 구성 요소와 힘 등과의 연계를 위한 구성 방정식을 설정하는 방법론에 대하여 학습한다. 응용 예로서 고체와 유체의 지배방정식과 구성방정식에 대하여 고찰한다.

This course is an introductory course for the analysis of the kinematic and mechanical behavior of materials based on continuum hypothesis. The course will focus on the conservation equations for mass, momentum and energy, kinematics of deformation and motion, constitutive equation with application to elasticity of solids and fluid mechanics.

**4461.521** 멀티스케일탄성학 3-3-0  
Multiscale Elasticity

여러 길이의 스케일에서 재료의 탄성학에 대해 공부한다. 원자격자구조, 나노와이어, 나노구조재료, 미세구조에서 실제구조까지 고려하여 격자탄성학, nonlocal 효과, gradient 방법, 계층적 모델링 기법에 대해 공부한다.

This course concerns the analysis of elasticity in materials over various length scales, from discrete atomic lattices, nanowires, nanostructured materials, microstructures, to engineering structures. Issues include discrete lattice elasticity, nonlocal effects, gradient methods, and hierarchical modeling. Topics covered include introduction of governing equations of elasticity, solutions of boundary value problems, and applications to mechanics of materials and materials science.

**4461.522** 파괴역학 3-3-0  
Fracture Mechanics

파괴역학은 다양한 구조 재료에 대하여 미시적·거시적 견지에서 하중하의 재료파괴와 균열 메커니즘을 공부하는 학문이다. 다양한 파괴해석기법과 문제해결방법에 대해 논의한다.

Fracture mechanics is the advanced study of failure of structural materials under loading, mechanisms of fracture, and microscopic and macroscopic aspects of the fracture of engineering materials. Various solution techniques and solutions of problems will be discussed.

**4461.523** 연속체시스템의 전산해석 3-3-0  
Numerical Analysis on Continuum Bodies

텐서의 기본 수식적인 표현을 소개하여 연속체를 기술하는 기본 도구로 삼는다. 연속체 시스템의 변형, 응력, 운동방정식, 에너지 보존에 대해 공부하고 구성방정식에 대해 공부한다. 연속체의 수치해석 접근방법으로 유한요소법을 소개하고 전 라그랑지안 방법과 갱신 라그랑지안 방법에 대해 공부한다.

Basic expression on tensor notation description is studied. Deformation, stress, strain, equation of motion, and energy conservations are introduced. Constitutive equations are studied based on material frame indifference. Updated Lagrangian and total Lagrangian descriptions are provided in the framework of nonlinear finite element analysis.

**4461.524** 멀티스케일유도초음파해석및응용 3-3-0  
Multiscale Guided Wave Analysis And Applications

초음파 현상을 이해하기 위해 다양한 시간 스케일 또는 주파수 스케일에서의 파동의 전파 특성을 이해할 필요가 있다. 오일러보, 티모센코보에서의 굽힘파, 평판에서의 램파와 전단파, 실린더에서의 포크햄머-크리식와 같이 주파수 스케일에 따라 거동이 달라지는 유도초음파 파동현상과 여러 주파수 성분이 혼재된 신호의 분석을 위해 멀티스케일 해석기법인 웨이블릿변환기법을 학습한다.

The analysis of ultrasonic waves requires understanding of wave propagation phenomena in multiple frequency scales. In this course, the physics of elastic wave propagation in waveguides such as beams, plates and cylinders will be mainly studied and signal processing techniques such as the short-time Fourier transform and the multiscale wavelet transform will be also studied.

**4461.525** 재료역학및마이크로재료설계 3-3-0  
Mechnics of Materials And Design of Microstructure

재료의 거시적 거동을 지배하는 격자구조 또는 그레인 구조의 미시거동에 대한 메커니즘을 소개한다. 마이크로역학의 거동을 통하여 재료의 거동 특성을 이해하고 이를 통하여 미세구조의 설계 인자의 효과를 이용하여 재료설계를 수행하는 방법론을 학습한다.

Lattice structures or grain structures in micro-mechanical behaviors are studied and their relations to macroscopic behaviors of materials are outlined. Design parameters of microstructures are extracted and methodology of material design is studied.

**4461.526** 멀티스케일물리, 소자이론 3-3-0  
Fundamentals of Multiscale Physical Devices

멀티스케일 문제의 엄밀한 해석 체계를 갖추기 위해서는 양자역학부터 연속체 역학까지의 이해와 적응능력이 필요하다. 실제적인 디바이스의 설계를 위해서 필요한 물리계의 이론을 양자역학에서 출발한 제일원리의 분자동역학으로부터 고전적 분자동역학, 마이크로 스케일 물리계 역학, 연속체 물리계의 이론까지 학습한다.

For rigorous analysis of multiscale problems, understanding from quantum mechanics to continuum mechanics are required. In order to design practical

MEMS/NEMS devices in multiscale, ab initio MD, classical MD, and continuum computational CAE is studied. All the related theory and modeling techniques will be introduced.

4461.527 탄성학이론과 응용 3-3-0

#### Theory of Elasticity And Application

선형탄성학의 주요 개념과 원리를 학습하고 변분이론, 상반 원리 등 탄성체에서 유용한 주요 원리를 학습한다. 균일 등방성 재료는 물론 미시 구조가 반복되는 비균일 등방성 또는 이방성 재료에서의 탄성해석 기법을 학습한다. 또한 복수스케일(two scales) 기반의 특이성동법을 이용한 탄성체 해석기법을 학습함으로써 미시 현상과 거시 현상을 효과적으로 살펴보는 기법을 학습한다.

Key concepts in elasticity are introduced and underlying principles such as the variational principle and reciprocal theorem are studied. The elastic analysis of homogeneous and periodic inhomogeneous isotropic/anisotropic solids is introduced. The homogenization method using the two- or multiple-scale perturbation technique is introduced to investigate micro and macro structural behavior of an elastic body.

4461.530 공학응용수치해석 3-3-0

#### Numerical Analysis for Engineering Applications

이 과목에서는 공학응용에서 발생하는 데이터의 보간, 미분, 적분에 대한 수치방법을 배운 후, 비정상 완전미분방정식을 풀기 위한 제반 수치해석 방법을 습득한다. 이를 토대로 공학분야에 발생하는 비정상 편미분방정식과 정상 편미분방정식을 수치적으로 푸는 방법을 공부한다.

In this course, students learn numerical methods for interpolation, differentiation and integration of data, and then study various numerical methods for solving unsteady ordinary differential equations. With these numerical methods, students finally solve unsteady and steady partial differential equations in this course.

4461.531 멀티스케일시뮬레이션 3-3-0

#### Multiscale Simulation

고체와 재료의 분자구조 스케일에서의 해석을 위하여 분자동역학을 소개한다. 고체의 구조를 이해하기 위한 결정구조에 대해 고찰과 분자동역학 기법으로부터 단위 셀의 해석 방법을 정립하고 유한요소해석을 통한 연속체 스케일의 해석 방법을 소개한다. 두 가지 이상 스케일의 브릿징 기법에 대해 소개하여 멀티스케일 전산모사법에 대해 공부한다.

Molecular dynamics simulation method for analysis of atomistic scale solids and material is introduced. Study on the crystal structures and unit cell analysis is provided. Bridging method between two scales are outlined and multiscale computation method is provided.

4461.532 나노-연속체브릿징해석 3-3-0

#### Nano-continuum Bridging Analysis

나노스케일에서의 금속, 폴리머 CNT, 실리콘 등의 분자 모델을 소개하고 분자 모델에 기초한 MD해석 기법을 고찰한다. MD 해석의 효율성을 위해서 Coarse Grain해석 기법을 도입한

다. 유한요소법과 분자동역학의 해석 기법 사이의 브릿징 모델에 대해 소개하고 이를 이용한 균열 문제의 파괴 해석 기법과 멀티스케일 해석에서 열전달의 온도 문제를 취급하는 방법에 대해 고찰한다.

Molecular material modelings of metal, polymer, CNT, and silicon are introduced and MD simulation techniques based on the molecular material models are investigated. For the efficiency of the computations, coarse grained MD analysis techniques are introduced. Bridging method between continuum domain and atomistic domain is introduced. Crack problems and heat transfer problems are studied as examples of multiscale bridging analysis.

4461.533 멀티스케일시스템설계 3-3-0

#### Multiscale System Design

멀티스케일 시스템 설계를 위한 물리, 수학 이론 및 설계 시스템으로의 응용을 학습한다. 나노/마이크로/메조/매크 스케일에 적용되는 scaling laws, continuum mechanics, quantum mechanics, transport equation, Monte Carlo 전산모사 등을 학습하여 다양한 스케일에 적용되는 핵심 원리를 파악하고, 이를 이용한 에너지 시스템, 멀티스케일 바이오 시스템 등의 응용을 학습한다.

Physics, mathematical theory, and engineering applications for multiscale system design is studied. Scaling law, continuum mechanics, quantum mechanics, transport equation, and Monte Carlo simulation is studied in order to apply in nano, micro, meso, and macro scale problems. Essential principles in each scale are studied and engineering application problems such as energy system and multiscale biosystem are studied.

4461.540 멀티스케일가공공정개론 3-3-0

#### Fundamentals of Multiscale Fabrication

멀티스케일 가공공정의 기초지식 및 배경 이론을 학습한다. 나노스케일에서 벌크스케일까지 적용되는 다양한 가공 방법의 특징 및 원리를 파악한다. 분자/입자를 조립하는 Bottom-up 방식, 벌크물질을 식각하여 원하는 구조를 제조하는 top-down 방식 및 두 방법을 결합하는 hybrid 방법 등의 각각의 특징을 파악하고 각각의 공정을 최적화할 수 있는 방법 및 핵심 동향을 학습한다.

In this lecture, students will learn fundamentals of multiscale fabrication. In order to cover a broad range of length scales from nano to bulk, various methods are introduced with fabrication principles and topical issues. Fabrication methods will be classified into bottom-up (or self-assembly) and top-down approaches and some hybrid methods will also be introduced. After this lecture, students will understand strength and weakness of each technique and how to apply each method for specific applications.

4461.541 마이크로/나노기전시스템제작및실습 3-1-4

#### Hands on Fabrication of MEMS And NEMS

멀티스케일 현상을 이용하는 전형적인 소자 및 시스템인 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 및 NEMS(Nano Electro Mechanical Systems)를 직접 제작, 측정하는 실험 및 실습과목이다. 나노 및 마이크로 현상을 이용하는 각종 공정의 원리 및 공정의 설계 방식을 습득하고 top-down 및 bot-

tom-up 방식의 제작 중 전형적인 접근방식들을 실제로 구현하고 비교한다.

This coursework targets teaching multiscale fabrication technologies in cleanroom. Students will be exposed to various design and fabrication skills practically used in MEMS and nanotechnology. Detailed contents include multiscale design principle, photo-lithography, self assembly, sensor/actuator principles and fabrication methods.

**4461.542** 멀티스케일자연모사시스템제작및응용 3-3-0

Multiscale Biomimetics System Manufacturing And Applications

자연계에 존재하는 최적화된 표면이나 동작원리를 모사하여 유용한 제품을 제작/응용/평가하는데 필요한 기초지식을 학습하고 실습을 병행한다. 연꽃잎 표면, 게코 도마뱀, 소금쟁이 등의 표면구조나 움직임을 모사하여 우수한 접착성, 초소수성, 이동성 등을 적용할 수 있는 간단한 소자를 제작하여 평가한다. 또한 최적화된 자연계의 구조물이 멀티스케일 구조를 통해 최적의 기능을 발휘함을 이해한다.

In this lecture, students will learn fundamental knowledge and concepts to fabricate/apply/evaluate useful products by understanding nature's highly optimized functional surfaces and working principles. In particular, lotus leaves, water striders, gecko foot hairs will be mimic superior such as super hydrophobicity, smart adhesiveness, and migration. A simple device will be for students' hands-on experience. Also, will understand why structures are useful and demonstrating functionality.

**4461.543** 나노/바이오융합시스템 3-3-0

Nano/Bio Fusion Systems

나노기술과 바이오 기술의 융합은 대표적인 멀티스케일 멀티피직스 문제와 관련되는 기초영역과 응용기술들 중 멀티스케일/멀티피직스에 연관되는 핵심사항들을 선택적으로 정리하여 진행한다. 이를 위하여 세포생리, 생화학, 나노입자, 바이오 멤스, 마이크로 플루이드스 등의 개념 등의 기초지식이 다루어지며 여러 전공에 바탕을 둔 학생들을 위하여 용어의 정의 및 원리이해 등에 중점을 둔다.

This course is focused on the key elements of multi-scale/ multiphysics problems selected from fundamentals and applications of the area of multiscale/multiphysics. Detailed topics dealt with include basic concepts such as cell physiology, biochemistry, nano particles, bioMEMS, microfluidics. This course also emphasizes the definition of terms and understanding of principle in order to train students from many different major fields.

**4461.544** 멀티스케일입자공학 3-3-0

Multiscale Particle Engineering

나노스케일부터 마이크로스케일까지의 입자를 제조하는 방법과 분급하는 방법을 학습하며 입자의 크기 및 결정상을 포함하는 입자의 물성을 제어하는 공학적 기술을 공부한다. 이어서, 이러한 입자들을 표면 위에 정렬 부착하여 마크로 스케일의 1, 2, 3차원 구조물 어레이를 형성하는 기술을 학습하고 이를 이용한 입자 전자 소자, 입자광학 소자, 입자자기 소자 등 응용 기술을 공부한다.

Synthesis of particle from nanometer to micrometer scale will be studied. Methods for classification of par-

ticles depending on their size will be also described. Technologies for controlling particle size and crystallinity are also dealt with. In addition, nanoparticle assembly technologies will be studied for the formation of one-D, two-D and three-D particle structure arrays and the application devices utilizing nanoparticle arrays such as electric, optical and magnetic nanodevices will be introduced.

**4461.545** 에어로졸공학 3-3-0

Aerosol Science And Technology

에어로졸의 정의와 에어로졸 입자의 크기 분포에 대하여 학습하며 입자의 확산 거동, 유체역학적 거동, 전기적 거동, 열영동 거동을 공부한다. 입자의 확산 이동, 관성 이동, 전기장 하에서의 이동을 학습하며 그 차이점과 응용 분야를 학습한다. 에어로졸의 성장 이론을 공부하고 에어로졸 역학 방정식을 유도하며 해석 방법을 공부한다. 에어로졸 입자의 크기 분포를 측정하는 방법도 학습한다.

Definition of aerosols will be first introduced and characterization of particle sizes will be described. Particle transport due to diffusion, electrical migration, fluid convection and thermophoresis will be studied. Particle charging and inertial behavior will also be dealt with. Aerosol dynamics for predicting particle growth will be discussed and its governing equation will be derived. Measurement methods and instrumentation will be also studied.

**4461.546** 나노복합재료의 제작및평가 3-3-0

Fabrication And Evaluation of Nano Composites

카본 나노튜브 또는 나노 입자로 강화된 폴리머/금속 기지의 나노 복합재료의 성형 조건과 최적의 성능을 위한 분산 기법에 대해서 학습한다. 다기능성 나노복합재의 열전도, 강성, 전기전도성 등의 성능을 파악하기 위한 성능평가 기법에 대해 고찰한다.

Polymer/metal matrix nanocomposites with CNT or nano particle reinforcement are introduced. Processing conditions and dispersion techniques are studied in order to achieve optimal performance. Nanocomposite material characteristics such as thermal conductivity, electric conductivity, mechanical stiffness/strength are studied and also property evaluation techniques are introduced.

**4461.547** 멀티스케일유체역학의 의공학응용 3-3-0

Biomedical Application of Nano, Micro and Macro-scale Fluidics

본 과목에서는 나노/마이크로스케일에서 마크로스케일에 이르는 다양한 스케일에서의 유체역학의 기본적인 원리를 다룬다. 또한 바이오센서, 진단법, 계층과 프로테옴 분석과 약물 검사법과 같은 멀티스케일 현상을 사용한 바이오메디컬 응용에 대해 함께 학습한다.

This class will cover the fundamentals of fluid behavior at nano, micro and macro scales with emphasis on the differences and similarities at different length scales. Various applications of nano and microfluidic phenomena in applications such as sensors, detectors and in analytical methods will be covered in depth.

## 4461.550 멀티스케일기계설계세미나 1 3-3-0

## Seminar on The Multiscale Mechanical System Design 1

멀티스케일에서 나타나는 각종 현상, 설계, 시험 또는 해석 등에 관련되는 각종 문제를 취급한다. 기초적인 문제의 해석방법에 대하여 국내·외의 인사를 초빙하여 강의를 듣고 토론 형식으로 진행한다.

This course is designed to explore special topics in Multiscale mechanical system. Specialists from industries and domestic/foreign universities will visit to hold seminars on the newly developed Multiscale mechanical system.

## 4461.551 멀티스케일기계설계세미나 2 3-3-0

## Seminar on The Multiscale Mechanical System Design 2

멀티스케일에서 나타나는 각종 현상, 설계, 시험 또는 해석 등에 관련되는 각종 문제를 심도 있게 취급한다. 실험과 최근의 연구개발동향에 대하여 국내·외의 인사를 초빙하여 강의를 듣고 토론 형식으로 진행한다.

This course is designed to explore special topics in Multiscale mechanical system. Specialists from industries and domestic/foreign universities will visit to hold seminars on design and manufacturing of the newly developed Multiscale mechanical system.

## 4461.803 대학원논문연구 1 3-3-0

## Dissertation Research 1

구체적인 논문의 방향을 잡아가고 그 과정에서 부딪히는 문제점에 대해 의견을 나눔으로써 보다 깊이 있는 논문을 쓸 수 있도록 하기 위한 과목으로 전체적인 개요를 잡기 위한 준비과정으로 학생들의 논문 진척정도에 따라 다르게 진행된다.

Discussions with academic advisor, checking of research progress, and presentation of the current status of thesis progress are made for improved research content of the dissertation.

## 4461.804 대학원논문연구 2 3-3-0

## Dissertation Research 2

구체적인 논문의 방향을 잡아가고 그 과정에서 부딪히는 문제점에 대해 의견을 나눔으로써 보다 깊이 있는 논문을 쓸 수 있도록 하기 위한 심도 있는 세부내용에 대한 해결책을 모색하는 심화과정으로 학생들의 논문 진척정도에 따라 다르게 진행된다.

Discussions with academic advisor, checking of research progress, and presentation of the current status of thesis progress are made for deeper research content of the dissertation.